

**SYTYKE 11**

VESA JUNTILA

## **SELLUTEHTAAN YMPÄRISTÖKUORMITUSTEN PIENENTÄMINEN JA HALLINTA UUDELLA TEHDASLAYOUTILLA**

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUS  
SYTYKE-ohjelma  
Helsinki 1992





**109**

**SYTYKE 11**

VESA JUNTILA

**SELLUTEHTAAN YMPÄRISTÖKUORMITUSTEN  
PIENENTÄMINEN JA HALLINTA UUDELLA  
TEHDASLAYOUTILLA**

Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota  
vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA koskevat tilaukset:  
Valtion painatuskeskus, PL 516, 00101 Helsinki  
puh. (90) 56 601/julkaisutilaukset

ISBN 951-47-6366-1  
ISSN 0786-9592

HELSINKI 1992

Julkaisija  
Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämäärä  
Syyskuu 1992

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)  
Vesa Junttila, CTS Engineering Oy

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)  
Sellutehtaan ympäristökuormitusten pienentäminen ja hallinta uudella tehdaslayoutilla

|                  |                |                          |
|------------------|----------------|--------------------------|
| Julkaisun laji   | Toimeksiantaja | Toimielimen asettamispvm |
| Tutkimusraportti |                |                          |

Julkaisun osat

#### Tiivistelmä

Täysvalkaistua sulfaattisellua valmistava perinteinen sellutehdas muodostuu noin kahdestakymmenestä eri periaatteella toimivasta osastosta. Tehdas vaatii erittäin paljon pinta-alaa. Osaprosessit ovat kaukana toisistaan, materiaalivirtoja on vaikea seurata ja hallita. Tuotehäiriöt aiheuttavat alentuneen tuotannon lisäksi ympäristökuormitusta ja tuotteen laadun heikkenemistä.

Sellusampo-projektissa pyrittiin kehittämään sellutehtaasta keskitetympi, tehokkaampi, energiataloudellisempi ja ympäristöystävällisempi. Tarkastelun lähtökohdaksi valittiin mäntyä raaka-aineenaan käyttävä sulfaattisellutehdas. Kehitystyön tuloksena saatiin pyöreään layoutiin perustuvan yhtenäiseen katettuun tilaan laaditun sulfaattisellutehtaan esisuunnitelma. Mitoitustuotannoltaan 1 500 t/d tehdas saatiin sopimaan teräsrakenteiseen rakennukseen, jonka halkaisija on 200 m ja räystäskorkeus 35 m. Soodakattila, apukattila ja syväilmastusaltat sijoitettiin ympyrärakennuksen ulkopuolelle.

Sellusammossa huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa nopeasti ja tehokkaasti, koska kaikki osaprosessit ovat yhdessä lämpimässä rakennuksessa ja lähellä toisiaan. Keskitetty valvomo parantaa tehtaan hallittavuutta.

Sähköenergian kulutus pienenee lyhyempien siirtoetäisyyksien, pienempien käsiteltävien vesimäärien ja tehtyjen laitevalintojen ansiosta 63 kWh/ADt eli noin 10 %. Keittämön puskulämpöä hyödynnetään haihduttamalla, jolloin lämpöä säästetään 1,11 GJ/ADt eli noin 10 %. Sellusammossa saadaan nykytekniikan mukaiseen tehtaaseen verrattuna 204 kWh/ADt enemmän sähköä myyntiin.

Tehdasmalli mahdollistaa kaikkien ympäristöpäästöjen käsittelyn ja kontrollin. Ilmanpäästöjen keräilyssä kanavoinnit ovat lyhyet. Perusteellisen jätevedenkäsittelyn, jatkettun keiton, happivalkaisun sekä hyvin hallitun prosessin ansiosta jäteveden väriarvot ovat noin 55 % sekä AOX-päästöt noin 45 % ja COD-päästöt noin 30 % alhaisemmat kuin perinteisessä ratkaisussa.

Sellusampo on saatujen budjettitason tarjousten ja tehtyjen laskelmien perusteella 77 milj. mk eli noin 3 % halvempi kuin vertailutehdas. Käyttöhenkilökuntaa tarvitaan laskelmien mukaan noin 210 henkeä, kun vertailutehtaassa vastaava määrä on noin 300.

#### Asiasanat (avainsanat)

Massa- ja paperiteollisuus, päästöt, kontrollointi, teollisuusrakennukset, asemakaavoitus

#### Muut tiedot

Suomen metsäteollisuuden ympäristönsuojelun tutkimus- ja kehittämisohjelma, SYTYKE-ohjelma -  
Projekti 11

|   |  |                    |
|---|--|--------------------|
| Sarjan nimi ja numero                                   | ISBN   | ISSN               |
| Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja -<br>sarja A 109 | 951-47-6366-1  | 0786-9592          |
| Kokonaissivumäärä                                       | Kieli  | Hinta              |
| 91  | Suomi  |                    |
|   |  | Luottamuksellisuus |
|   |  | Julkinen           |
| Jakaja  | Kustantaja   |                    |
| Valtion painatuskeskus<br>PL 516, 00101 HELSINKI        | Vesi- ja ympäristöhallitus<br>PL 250, 00101 HELSINKI |                    |



Utgivare  
Vatten- och miljöstyrelsen

Utgivningsdatum  
September 1992

Författare (uppgifter om organet: namn, ordförande, sekreterare)  
Vesa Junttila, CTS Engineering Oy

Publikation (även den finska titeln)

Förminskning och behärsande av cellulosafabrikens miljöbelastningar med en ny fabrikslayout

Typ av publikation  
Forskningsrapport

Uppdragsgivare

Datum för tillsättandet av organet

Publikationens delar

#### Referat

En konventionell cellulosafabrik, som tillverkar helblekt sulfatcellulosa, består av ca. tjugo avdelningar, som arbetar med olika principer. Fabriken kräver särdeles mycket areal. Delprocesser ligger långt borta från varandra, det är svårt att följa och behärska materialflöden. Produktionsstörningar förosakar förutom reducerad produktion också miljöbelastning och sänkning av produktkvaliteten.

Målsättning för Sellusampo-projektet var att utveckla en mer centraliserad, effektivare, mer energiekonomisk och miljövänligare cellulosafabrik. Som utgångspunkt för betraktandet valdes en sulfatcellulosafabrik, som använder tall som råvara. Utvecklingsarbetet resulterade i en preliminär plan för sulfatcellulosafabrik, som baserar sig på rund layout och som ligger i ett sammanhängande täckt utrymme. Denna fabrik, vars konstruktionsproduktion är 1 500 t/d, inryms i en stålkonstruktionsbyggnad med en diameter på 200 m och takfotens höjd på 35 m. Sodapanna, hjälppanna och djupluftningsbassänger placerades utanför den cirkelformiga byggnaden.

I Sellusampo kan underhållsarbeten utföras snabbt och effektivt, eftersom alla delprocesser finns inom en varm byggnad och nära varandra. Centraliserat kontrollrum förbättrar fabriken behärsande.

Förbrukning av elenergi förminskas med 63 kWh/ADt, dvs. ca. 10 %, till följd av kortare rörsystem, mindre mängder av vatten som behöver behandling, samt utförda utrustningsval. Kokeriets utblåsningsvärme utnyttjas på industningsanläggningen, varvid 1,11 GJ/ADt, dvs. ca. 10 %, värme besparas. Sellusampo producerar 204 kWh/ADt mer elektricitet till salu jämförd med en fabrik som baserar sig på dagens teknik.

Modellen möjliggör behandling och kontroll av alla utsläpp i miljön. Vid samling av utsläpp i luften är kanaliseringarna korta. Till följd av grundlig avloppsvattenbehandling, kontinuerlig kokning, oxygenblekning samt välbehärskad process är avloppsvattnets färgvärden ca. 55 %, AOX-utsläpp ca. 45 % och COD-utsläpp ca. 30 % lägre än i den konventionella lösningen.

På basis av errhållna budgetofferter och utförda beräkningar är Sellusampo 77 miljoner FIM, dvs. ca. 3 %, billigare än jämförelsefabriken. Driftspersonal behövs enligt beräkningar ca. 210 personer, medan jämförelsefabrikens motsvarande antal är 300.

#### Sakord (nyckelord)

Massa- och pappersindustri, emissioner, kontroll, industribyggnader, byggnadsplaner

#### Övriga uppgifter

Forsknings- och utvecklingsprogram för miljövärden inom Finlands skogsindustri, SYTYKE-programmet - Projekt 11

#### Seriens namn och nummer

Vatten- och miljöförvaltningens publikationer - serie A 109

#### ISBN

951-47-6366-1

#### ISSN

0786-9592

#### Sidantal

91

#### Språk

Finska

#### Pris

#### Sekretessgrad

Offentlig

#### Distribution

Statens tryckericentral  
PB 51, SF-00101 HELSINGFORS, FINLAND

#### Förlag

Vatten- och miljöstyrelsen  
PB 250, SF-00101 HELSINGFORS, FINLAND

Published by  
National Board of Waters and the Environment

Date of publication  
September 1992

Author(s)  
Vesa Junttila, CTS Engineering Oy

Title of publication  
Decrease and control of environmental loads of a pulp mill with a new mill layout

Type of publication  
Research report

Commissioned by

Parts of publication

#### Abstract

Conventional chemical pulp mill that produces fully bleached sulphate pulp consists of about twenty departments that operate with different principles. The mill requires a lot of area. Subprocesses are far from each other, it is difficult to follow and manage material flows. Disturbances in production cause, besides reduced output, also environmental stress and decrease in product quality.

The target of the Sellusampo project was to develop a chemical pulp mill that would be more centralized, more efficient, more economical of energy and ecologically more beneficial. A sulphate pulp mill that uses pine as raw material was chosen as the basis for the survey. The result of the development work is a preliminary plan for a sulphate pulp mill, basing on a round layout, sited in a coherent roofed space. The mill with a design production of 1 500 t/d is accommodated in a structural steel building with a diameter of 200 m and eave height of 35 m. The soda recovery unit, auxiliary boiler and deep tank aeration system are located outside the circular building.

The maintenance work in Sellusampo is done rapidly and efficiently, because all subprocesses are in the same warm building and near each other. The centralized control room improves the control of the mill.

Consumption of electric energy decreases by 63 kWh/ADt, i.e. appr. 10 %, as a result of shorter pipelines, smaller amounts of water that need treatment, and the chosen equipment. Most of the blow off heat from the digester plant is utilized at the evaporation plant, 1.11 GJ/ADt, i.e. appr. 10 %, heat can thus be saved. Sellusampo produces 204 kWh/ADt more power to the market compared with a mill basing on today's technology.

The mill model enables the treatment and control of all emissions to the environment. Ducts for collecting the emissions into the air are short. Thanks to thorough effluent treatment, continuous digesting, oxygen bleaching, and well controlled process, the degree of coloration of the effluents is appr. 55 %, AOX-emissions appr. 45 %, and COD-emissions appr. 30 % lower than in a conventional solution.

On the basis of received budgetary tenders and made calculations Sellusampo is 77 million FIM, i.e. appr. 3 %, cheaper than the reference mill. The need for operating personnel is according to calculations about 210 persons, whereas the corresponding number in the reference mill is about 300.

#### Keywords

Pulp and paper industry, emissions, control, industries, planning

#### Other information

SYTYKE, The Environmental Research and Development Programme for the Finnish Forest Industry - Project 11

Series (key title and no.)  
Publications of the Water and Environment  
Administration - series A 109

ISBN  
951-47-6366-1

ISSN  
0786-9592

Pages  
91

Language  
Finnish

Price

Confidentiality  
Public

Distributed by  
Government Printing Centre  
P.O.Box 516, SF-00101 HELSINKI, FINLAND

Publisher  
National Board of Waters and the Environment  
P.O.Box 250, SF-00101 HELSINKI, FINLAND

Veröffentlicht von  
Zentralamt für Gewässer und Umwelt

Erscheinungsdatum  
September 1992

Autoren  
Vesa Junttila, CTS Engineering Oy

Titel der Publikation  
Verminderung und Beherrschen von Umweltbelastungen der Zellstofffabrik mit einem neuen Fabriklayout

Art der Publikation  
Untersuchungsbericht

Auftraggeber

Gründungsdatum des Organs

Teile der Publikation

#### Zusammenfassung

Die vollgebleichten Sulfatzellstoff produzierende konventionelle Zellstofffabrik besteht aus ca. zwanzig Abteilungen, die mit verschiedenen Prinzipien arbeiten. Die Fabrik verlangt sehr viel Bodenfläche. Die Teilprozesse liegen weit entfernt voneinander, es ist schwierig die Materialflüsse zu folgen und zu beherrschen. Die Produktionsstörungen verursachen neben abgenommener Produktion auch Umweltbelastung und sich zu verschlechternde Produktqualität. Das Ziel des Sellusampo-Projektes war eine mehr zentralisierte, leistungsfähigere, energiewirtschaftlichere und umweltfreundlichere Zellstofffabrik zu entwickeln. Als Ausgangspunkt der Betrachtung wurde eine Zellstofffabrik genommen, die Kiefer als Rohstoff verwendet. Das Resultat der Entwicklungsarbeit ist ein präliminärer Plan einer Sulfatzellstofffabrik, die auf rundem Layout basiert, und in einem zusammenhängenden gedeckten Raum liegt. Die Fabrik mit einer Konstruktionsproduktion von 1 500 t/a passt in ein Gebäude aus Stahlbau ein, dessen Durchmesser 200 m ist und die Traufhöhe 35 m. Der Sodakessel, Hilfskessel und die Tieflüftungsbecken wurden ausserhalb des kreisförmigen Gebäudes plziert.

In Sellusampo können die Wartungsmassnahmen schnell und effektiv durchgeführt werden, weil alle Teilprozesse sich in einem warmen Gebäude und nahe beieinander befinden. Der zentralisierte Kontrollraum verbessert das Beherrschen der Fabrik.

Der Verbrauch elektrischer Energie verringert sich mit 63 kWh/ADt, d.h. etwa 10 %, wegen kürzeres Rohrsystemes, kleinerer zubehandelnden Wassermengen, und Wahl von Ausrüstungen. Die Ausblasewärme der Kocherei wird in der Eindampfanlage benutzt, wobei 1,11 GJ/ADt, d.h. etwa 10 %, Wärme einbespart wird. Sellusampo produziert 204 kWh/ADt mehr Elektrizität in den Verkauf im Vergleich zu der Fabrik mit heutiger Technik.

Dieses Fabrikmodell ermöglicht die Behandlung und Kontroll über alle Emissionen in die Umwelt. Bei der Sammlung der Emissionen in die Luft sind die Kanäle kurz. Dank der gründlichen Abwasserbehandlung, kontinuierlicher Kochung, Sauerstoffbleiche, sowie des gutbeherrschten Prozesses sind die Farbwerte des Abwassers etwa 55 %, die AOX-Emissionen etwa 45 % und die COD-Emissionen etwa 30 % niedriger als in konventioneller Lösung.

Aufgrund erhaltener Budgetangebote und ausgeführter Berechnungen ist Sellusampo 77 Mio. FIM, d.h. etwa 3 %, billiger als die Vergleichsfabrik. Der Bedarf an Betriebspersonal ist nach den Berechnungen ca. 210 Personen, weil die entsprechende Anzahl der Vergleichsfabrik ca. 300 ist.

#### Stichwörter

Zellstofffabrik, Emissionen, Kontroll, Industriebauen, Planung

#### Sonstige Angaben

SYTYKE, das Umweltforschungs- und Entwicklungsprogramm der finnischen Holzindustrie – Projekt 11

Nummer und Name der Serie  
Publikationen der Verwaltung für Gewässer und Umwelt – Serie A 109

ISBN  
951-47-6366-1

ISSN  
0786-9592

Seitenzahl  
91

Sprache  
Finnische

Preis

Vertraulichkeit  
Öffentlich

Vertrieb  
Finnisches Staatsdruckerei  
Postfach 516, SF-00101 HELSINKI, FINNLAND

Verleger  
Zentralamt für Gewässer und Umwelt  
Postfach 250, SF-00101 HELSINKI, FINNLAND



## ALKUSANAT

Sellusampo-projektin rahoituksesta vastasivat CTS Engineering Oy, A. Ahlström Oy, kauppa- ja teollisuusministeriö sekä SYTYKE-tutkimusohjelma (Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto, Ympäristöministeriö). Rahoittajien yhdyshenkilöinä projektissa ovat toimineet A. Ahlström Oy:stä DI Marjo Kuusio, johtaja Tarmo Sulander, kehitysjohtaja Erkki Kiiskilä, DI Holger Engdahl, SYTYKE-tutkimusohjelmassa DI Seppo Ruonala, Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitossa osastopäällikkö Pertti Laine sekä tutkimuspäällikkö Pirkko Molkentin-Matilainen, Ympäristöministeriössä yli-insinööri Markku Hietamäki sekä kauppa- ja teollisuusministeriössä erikoistutkija Mikko Ylhäisi.

Projektityössä käytettiin CTS Engineering Oy:n prosessi-, tehdassuunnittelu, automaatio-, LVI-, sähkö- ja teräsrakennelosastojen henkilökuntaa, sisäisiä suunnitteluohjeita ja arkistomateriaalia. Projektipäällikkönä toimi DI Vesa Junttila. Tarkennusvaiheessa käytettiin monipuolisesti A. Ahlström Oy:n tuotelinjapesialistien asiantuntemusta prosessivalinnoissa, teknisissä erityiskysymyksissä sekä laitteiden hinnoittelussa.

Projektin tuloksia arvioivassa asiantuntijaryhmässä toimivat:

- professori Johan Gullichsen, TKK
- professori Ilpo Palenius
- professori Eino Tunkelo, Teknisten Tieteiden Akatemia
- kehitysjohtaja Paavo Heikkilä, Wisaforest Oy

Työssä on lisäksi käytetty apuna seuraavia asiantuntijoita:

- TkT Pertti Hynninen, Enviro Data Oy
- Fil.toht. Ilkka Wartiovaara, KCL
- Tekn.lis. Olli Välttilä, KCL
- DI Björn Bäckström, CTS Consulting



# SISÄLLYS

## ALKUSANAT

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | JOHDANTO                                  | 11 |
| 1.1     | Selluprosessi                             | 11 |
| 1.2     | Sellutehtaan käyttö ja tuotannon pysyvyys | 11 |
| 1.3     | Sellutehtaiden asemakaavat                | 12 |
| 2       | PROJEKTIN TAVOITTEET                      | 13 |
| 2.1     | Yleiset tavoitteet                        | 13 |
| 2.2     | Projektin eteneminen                      | 13 |
| 3       | SELLUSAMPORATKAISUT                       | 14 |
| 3.1     | Layout                                    | 14 |
| 3.2     | Rakennus ohcejärjestelmiseen              | 19 |
| 3.2.1   | Rakennus                                  | 19 |
| 3.2.2   | Sähköistys                                | 21 |
| 3.2.3   | Automaatio                                | 21 |
| 3.2.4   | LVI-järjestelmät                          | 23 |
| 3.2.4.1 | Ilmastointijärjestelmät                   | 23 |
| 3.2.4.2 | Lämmitysjärjestelmä                       | 24 |
| 3.2.4.3 | Ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmä         | 25 |
| 3.2.4.4 | Vesi- ja viemärijärjestelmät              | 25 |
| 3.2.4.5 | LVI-automaatio                            | 25 |
| 3.2.5   | Palontorjunta                             | 25 |
| 3.3     | Prosessiratkaisut                         | 26 |
| 3.3.1   | Mitoitusperusteet                         | 26 |
| 3.3.2   | Raaka-aineet                              | 27 |
| 3.3.3   | Puunkäsittelymoduli                       | 28 |
| 3.3.3.1 | Puunkäsittely                             | 28 |
| 3.3.3.2 | Puunkäsittelyn jätevedenkäsittely         | 29 |
| 3.3.4   | Hakkeen käsittelymoduli                   | 29 |
| 3.3.5   | Keitto- ja diffusööri pesumoduli          | 30 |
| 3.3.5.1 | Keitto                                    | 30 |
| 3.3.5.2 | Diffusööri pesu                           | 31 |
| 3.3.6   | Lajittelumoduli                           | 31 |
| 3.3.7   | Happidelignifiointimoduli                 | 32 |
| 3.3.8   | Valkaisumoduli                            | 32 |
| 3.3.9   | Kuivatuskonemoduli                        | 34 |
| 3.3.9.1 | Sellun rainaus ja kuivatus                | 34 |
| 3.3.9.2 | Sellun arkitus ja paalaus                 | 35 |
| 3.3.10  | Haihdutusmoduli                           | 35 |
| 3.3.11  | Soodakattilamoduli                        | 36 |
| 3.3.12  | Kaustisointimoduli                        | 37 |
| 3.3.13  | Kemikaalimoduli                           | 38 |
| 3.3.14  | Raakavesimoduli                           | 40 |



|          |  |                                 |    |
|----------|--|---------------------------------|----|
|          | 3.3.15   | Kattilavesimoduli               | 43 |
|          | 3.3.16   | Jätevesimoduli                  | 43 |
|          | 3.3.17   | Hajukaasumoduli                 | 47 |
|          | 3.3.18   | Jätteidenpolttomoduli           | 49 |
|          | 3.3.19   | Turpiini- ja höyrynjakelumoduli | 50 |
|          | 3.3.20   | Paineilmamoduli                 | 52 |
|          | 3.3.21   | Paperitehdasmoduli              | 52 |
| 4        | SELLUSAMMON JA PERINTEISEN RATKAISUN VERTAILUJA                    |                                 | 52 |
|          | 4.1  | Layout                          | 52 |
|          | 4.2  | Prosessit                       | 54 |
|          | 4.3  | Hankintakustannukset            | 54 |
|          | 4.4  | Käyttökustannukset              | 56 |
|          | 4.4.1  | Energia                         | 56 |
|          | 4.4.2  | Kemikaalit                      | 58 |
|          | 4.4.3  | Käyttöhenkilökunta              | 59 |
|          | 4.5  | Ympäristö                       | 60 |
|          | 4.5.1  | Ilmapäästöt                     | 60 |
|          | 4.5.2  | Vesipäästöt                     | 61 |
|          | 4.6  | Tuotannon pysyvyys              | 61 |
| 5        | JATKOTUTKIMUSAIHEITA   |                                 | 62 |
|          | 5.1  | Rakennus                        | 62 |
|          | 5.2  | Prosessi                        | 63 |
|          | 5.3  | LVI-tekniikka                   | 64 |
|          | 5.4  | Automaatio                      | 64 |
|          | 5.5  | Energia                         | 65 |
|          | 5.6  | Yleiset                         | 65 |
| 6        | YHTEENVETO   |                                 | 66 |
| LIITTEET |  |                                 |    |
| LIITE 1  | Sellusammon kuitulinja   |                                 | 69 |
| LIITE 2  | Soodakattilan savukaasut ja palamisilmamäärä                       |                                 | 77 |
| LIITE 3  | Kemikaalimodulin laitteiden mitoitus                               |                                 | 78 |
| LIITE 4  | Kattilavesimodulin mitoitus  |                                 | 79 |
| LIITE 5  | Vertailutaulukot   |                                 | 80 |
| LIITE 6  | Sähkön- ja lämmönkulutuksien vertailu                              |                                 | 86 |
| LIITE 7  | Osastojen väliset pumppaukset                                      |                                 | 88 |
| LIITE 8  | Käytetyt lyhenteet ja merkinnät                                    |                                 | 90 |
| LIITE 9  | CTS Engineering Oy:n Sellusampo -projektin suunnittelualavastaavat |                                 | 91 |

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Selluprosessi

Sellutehdas on monimutkainen ja erittäin kallis kokonaisuus. Uuden tehtaan investointikustannukset ovat noin 2 – 3,5 miljardia markkaa, joka vastaa yksikkökustannusta 6000 – 7150 mk/ADt. Selluloosan valmistuksen raaka-aine-, pääoma-, energia- ja palkkakustannukset tulevat todennäköisesti jatkuvasti nousemaan.

Selluprosessi on ollut pohjimmiltaan samanlainen sen keksimisestä lähtien eli yli 100 vuotta. Selluprosessia korvaavaa tai olennaisesti uudistavaa menetelmää ei todennäköisesti saada tuotannolliseen käyttöön seuraavien 30 – 50 vuoden aikana. Vuonna 1989 valmistettiin sulfaattisellua maailmassa noin 95 milj. tonnia, ja sen tuotannon kasvu viimeisenä 20 vuotena on ollut noin 2,7 % vuodessa.

Pohjoismaissa ja varsinkin Suomessa on viimeisen kuluneen puolentoista vuosikymmenen aikana saavutettu merkittäviä säästöjä sellunvalmistuksen eri osaprosesseissa sekä vedenkäytön että energiankulutuksen osalta. Valitettavasti näitä parannuksia ei ole pystytty täysin hyödyntämään nykyisillä eikä uusilla tehtailla pitkien siirtoetäisyyksien ja huolto- ja ohjausvaikeuksien takia.

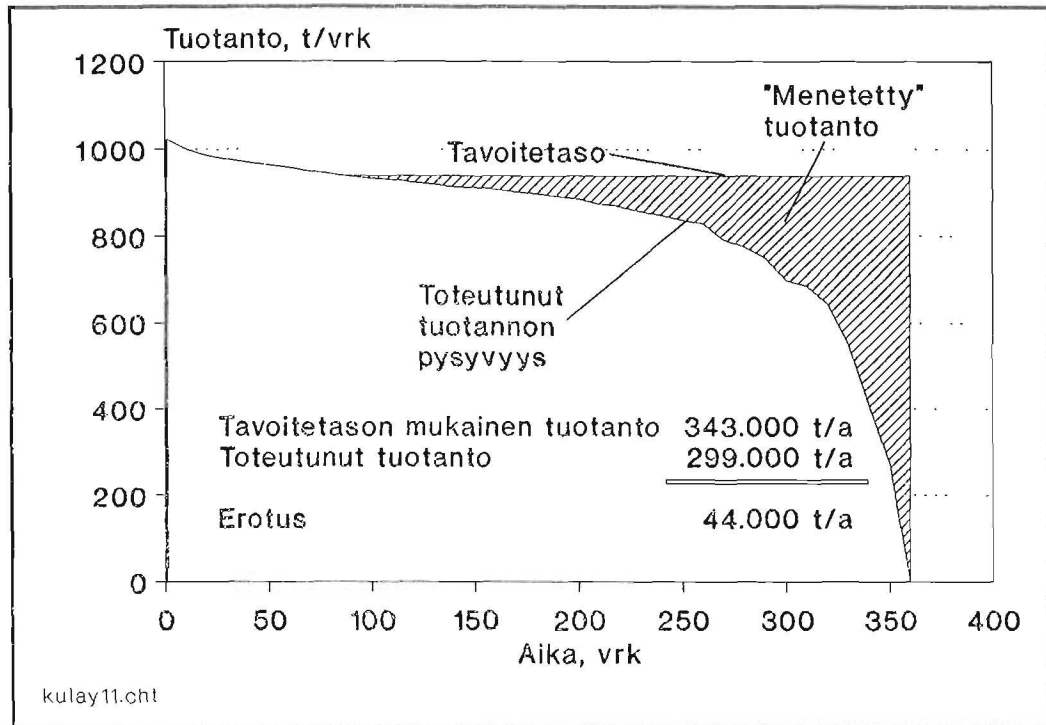
## 1.2 Sellutehtaan käyttö ja tuotannon pysyvyys

Täysvalkaistua markkinasellua valmistava perinteinen tehdas muodostuu noin kahdestakymmenestä eri periaatteella toimivasta osatehtaasta eli osastosta. Kemiallisesti ja fysikaalisesti erilaisten osastojen toiminta tulisi voida kytkeä tehokkaasti ja häiriöttömästi toisiinsa. Pienikin muutos jossakin osaprosessissa vaikuttaa kokonaisuuden toimintaan.

Sellutehtaan tehokas käyttö on nykyisillä toteutustavoilla vaikeaa. Maailman parhaatkaan tehtaat eivät yllä kovin hyviin tuotannon pysyvyyksiin.

Ei ole kovin monta teollisuuden haaraa, jossa päivittäinen, viikottainen tai jopa vuotuinen tuotanto on niin vaikeasti ennustettavissa, kuin se on sellutehtaassa. Verrattuna esim. paperitehtaaseen sellutehtaan tuotannon pysyvyys on heikko.

Jos sellutehdasta pystyttäisiin ajamaan eri osaprosessien ja laitteiden suorituskyvyn perusteella, pitäisi vuosittaisen tuotantomäärien olla suurempia. Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen sellutehtaan vuosituotannon pysyvyyssäyrä.



Kuva 1. Esimerkki tyypillisestä tuotannon pysyvyyskäyrästä suomalaisessa sellutehtaassa ja arvio menetetystä tuotannosta.

Luettelonomaisesti voidaan mainita muutamia syitä nykyisten tehtaiden lukuisiin tuotantohäiriöihin ja korkeisiin tuotantokustannuksiin:

- kokonaisuuden vaikea hallinta; energiankäyttöä ei voida optimoida
- pitkät välimatkat, sekava layout → ei tiedetä mitä on tapahtunut ja missä
- huollon hitaus ja vaikeus
- työn arvostuksen puute → laiminlyönnit

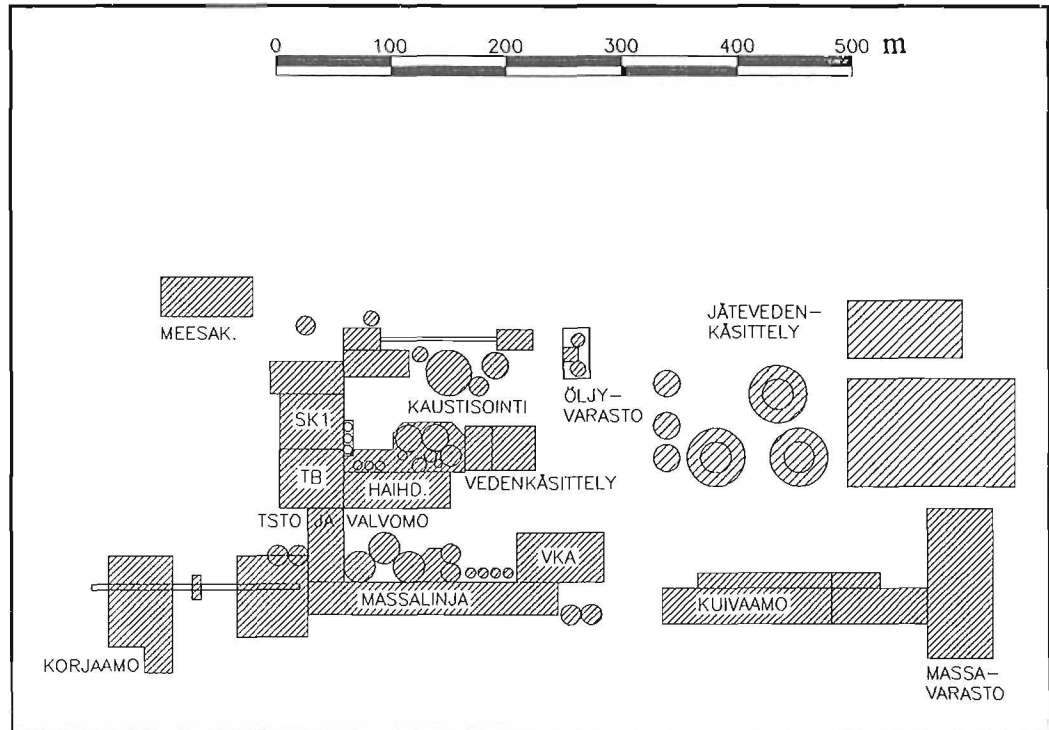
Tuotantohäiriöt aiheuttavat alentuneen tuotannon lisäksi ympäristökuormitusta ja tuotteen laadun heikkenemistä. Mainitut syyt ovat osaksi myös johtaneet sellutehtaiden heikkoon imagoon.

### 1.3 Sellutehtaiden asemakaavat

Tyypillinen nykyaikainen sellutehdas käsittää useita erillisiä rakennuksia, joihin kuhunkin on sijoitettu yksi tai useampia tuotanto-osastoja. Pääprosessi ja mahdollinen päävalvomo on yleisesti sijoitettu niin, että ne muodostavat oman kokonaisuutensa eli päälinjan, jonka varrella, mahdollisesti päälinjan molemmilla puolilla, on tuotanto-osastoja, joissa apu- ja/tai osaprosessit tapahtuvat. Koska tuotanto-osastot muodostavat omat kokonaisuutensa, usein erillisiä rakennuksia, on niissä yleensä omat valvomonsa, vaikka tietoja osaprosesseista kulkisikin päävalvomoon. Vaikka rakennukset, joissa tuotanto-osastot sijaitsevat, olisikin sijoitettu mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti prosessikokonaisuuden kannalta, on tuotanto-osastojen muodostama kokonaisuus pakostakin melko hajautettu, paljon pinta-alaa vaativa ja vaikeasti hallittavissa. Myös putkistojen, kaapelointien ja



kanavointien pituus muodostuu melko suureksi. Uusien tuotantolaitosten toteutuksen perustessa nykyisen tekniikan tason mukaisiin asemakaava- ja ohjausmalleihin, muodostuvat rakennusajat pitkiksi ja rakennuskustannukset korkeiksi. Tyypillinen uuden tehtaan layout-ratkaisu on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Tyypillinen uuden sellutehtaan layout.

## 2 PROJEKTIN TAVOITTEET

### 2.1 Yleiset tavoitteet

Projektin tavoitteena oli kehittää sellutehdasmalli, jonka tuotannon pysyvyys vuositasona on olennaisesti parempi, jossa on olennaisesti pienennetty ympäristökuormituksia ilma- ja vesipäästöjen kokonaisvaltaisella kontrolloinnilla ja käsittelyllä, joka on energiataloudellisempi, jonka kokonaisinvestoinnit ovat pienemmät, jonka kokonaispinta-ala on pienempi ja rakennusaika lyhyempi kuin nykyisissä sellutehtaissa.

### 2.2 Projektin eteneminen

Projektin ensimmäisessä vaiheessa laadittiin sulfaattisellutehtaan layoutmalli ympyränmuotoiseen rakennukseen. Rakennuksen halkaisijaksi valittiin 200 m. Muita olennaisia valintoja olivat:

- raaka-aine, mänty
- keitto, jatkuvatoiminen keitin, jatkettu keitto
- tuotanto, 1000 t/d

Ensimmäisen vaiheen karkean tarkastelun perusteella todettiin, että malli on teknisesti toteutuskelpoinen, ja sillä on useita etuja verrattuna nykyisiin sellutehtaisiin.

Projektin tarkennusvaiheessa pitäydyttiin ympyrälayoutissa. Raaka-aineena oli edelleenkin mänty ja keittotyyppinä jatkuvatoiminen jatkettu keitto. Mitoitus-tuotanto nostettiin määrään 1500 t/d, ja tarkasteltavaksi otettiin integraatti. Sen vuoksi malliin lisättiin kuorimo, hakkeen käsittely ja paperitehdas. Tarkennusvaiheessa käytettiin monipuolisesti Ahlströmin tuotelinjaspesialistien asiantuntemusta teknisissä erityiskysymyksissä, prosessivalinnoissa sekä laitteiden hinnoittelussa.

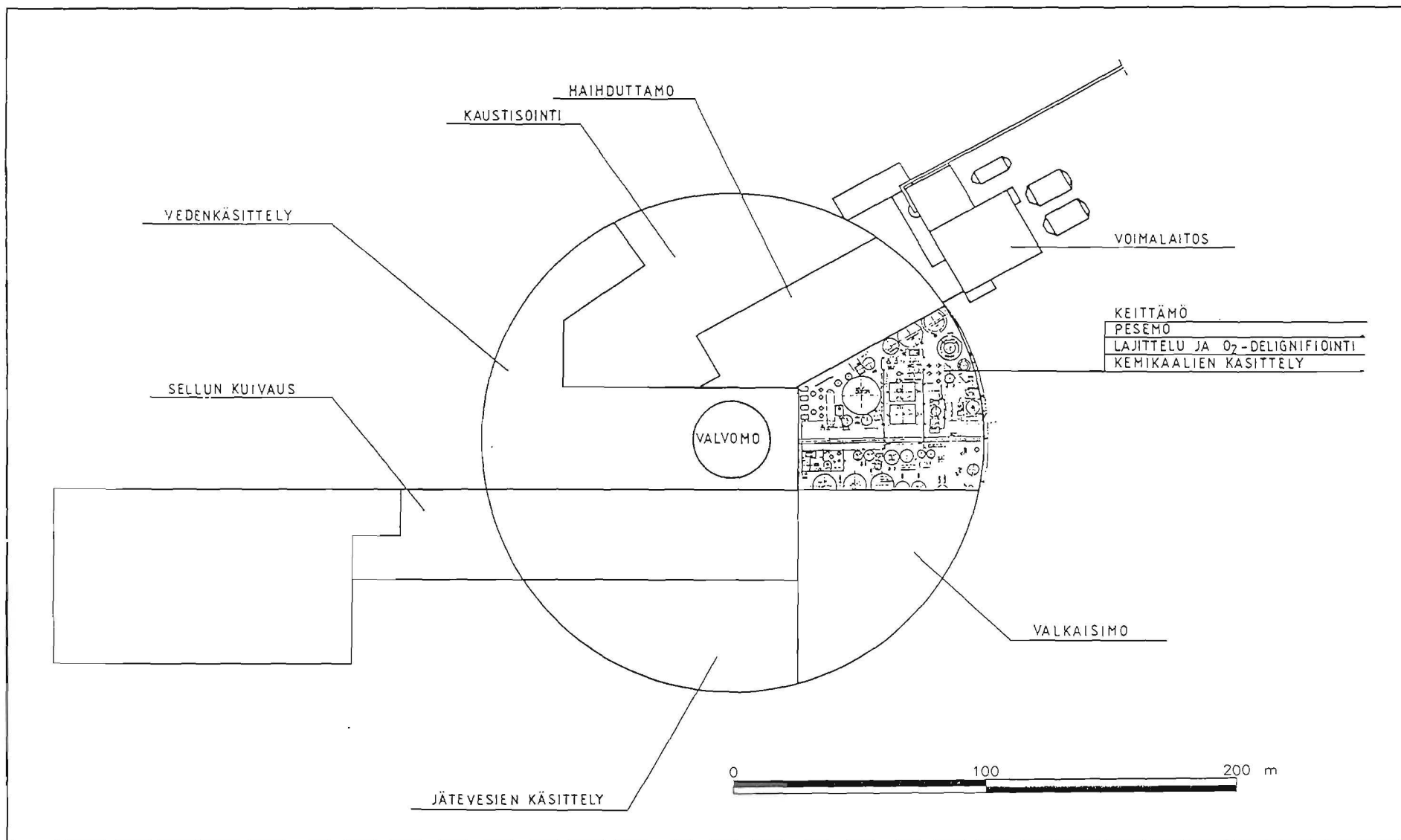
### **3 SELLUSAMPORATKAISUT**

#### **3.1 Layout**

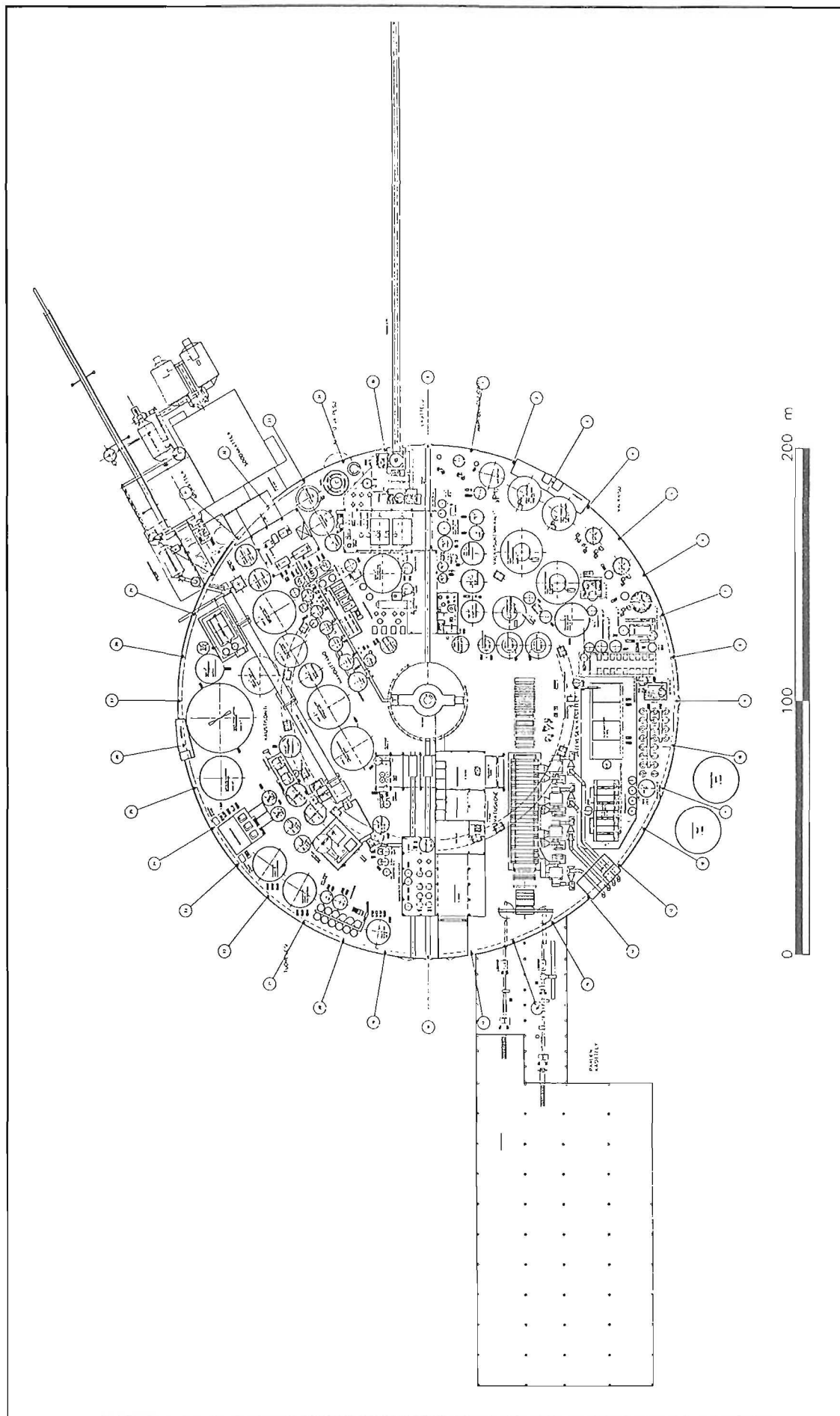
Layout-tarkastelun lähtökohtana oli pyöreä rakennus. Pyöreä rakennusmuoto ei itsessään ollut tavoite, vaan tehokas, keskitetty, kustannuksiltaan kilpailukykyinen tehdas. Layout-suunnittelu toteutettiin 3D-CAD tietokoneavusteisella suunnittelujärjestelmällä, joka mahdollisti monipuoliset sijoitustarkastelut laitteiden mallintamisen jälkeen, kuten leikkaukset ja aksonometriset kuvat. Kaikki Sellusammossa tarvittavat prosessilaitteet on mallinnettu ja sijoitettu layoutiin.

Kuvassa 3 on esitetty Sellusammon layoutin perusratkaisut. Kehitetyssä mallissa valvomo sijaitsee keskeisesti tuotantolaitoksen tuotanto-osastoihin nähden, tuotanto-osastot sijaitsevat pääasiassa sektorimaisesti valvomoon nähden. Massanvalmistusprosessi etenee pääasiallisesti ympyrän kehän suuntaisesti vierekkäisten tuotanto-osastojen välillä. Tuotanto-osastot ovat yhtenäisen katetun tilan sisällä. Kehitetyssä mallissa tuotanto-osastot on sijoitettu siten, että neste-, massa- ja kaasusiirrot ovat mahdollisimman lyhyet.

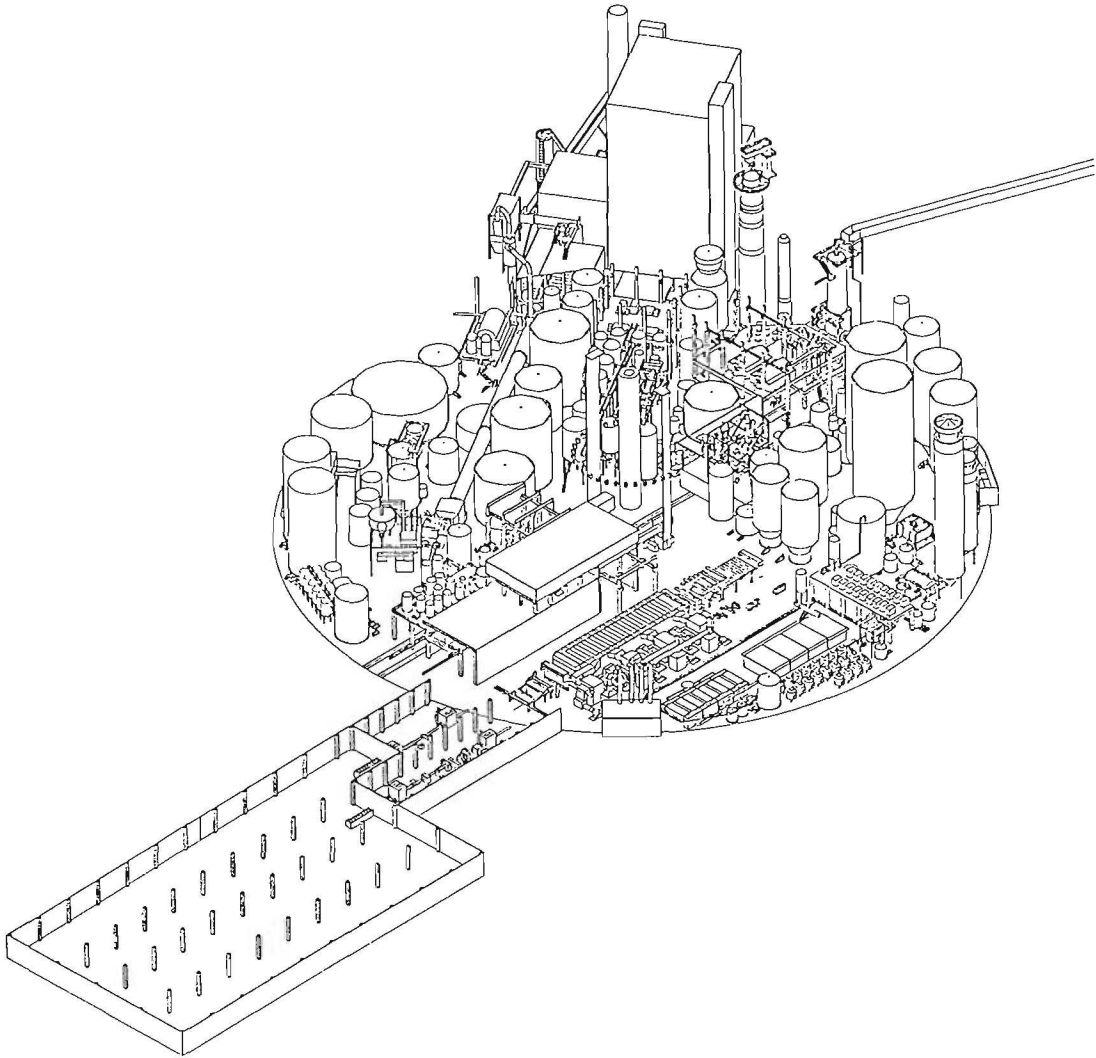
Aksonometrinen kuva Sellusammosta on esitetty kuvassa 5 ja Sellusammon sijainti integraatissa on esitetty kuvassa 6.



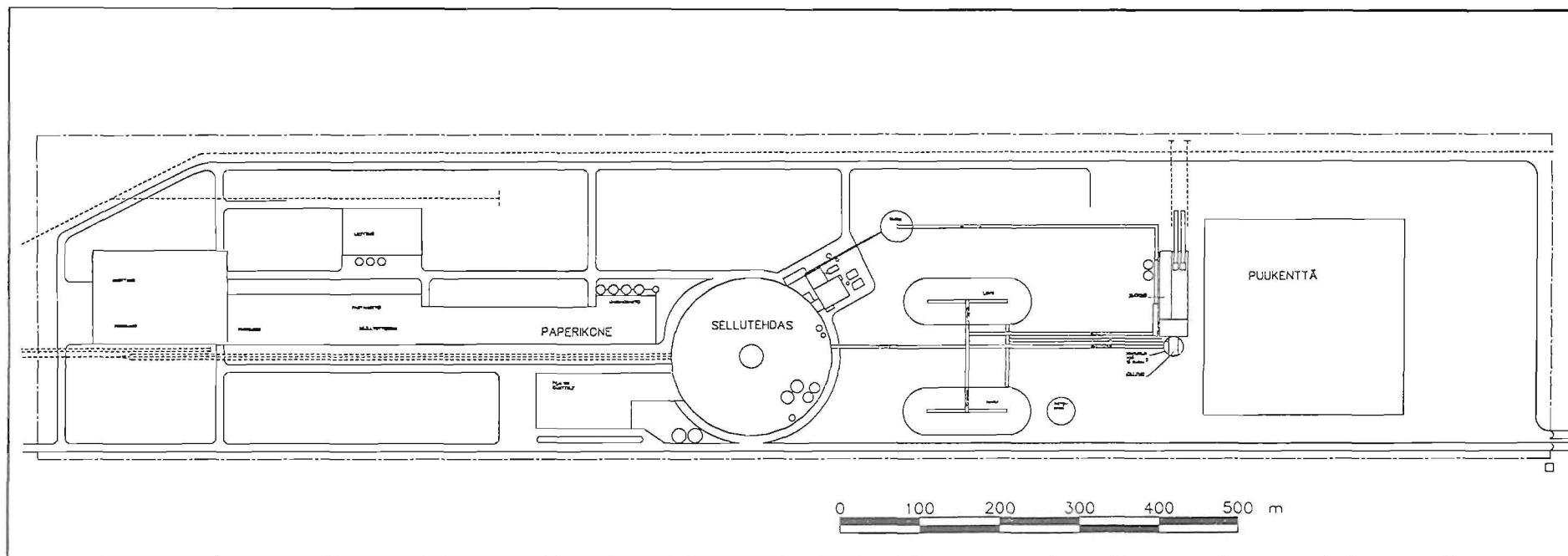
Kuva 3. Sellusammon layoutin perusratkaisut.



Kuva 4. Sellusammon layout taso +0.00



Kuva 5. Aksonometrinen kuva Sellusammosta.



Kuva 6. Sellusampo osana integraattia.

## 3.2 Rakennus oheisjärjestelmineen

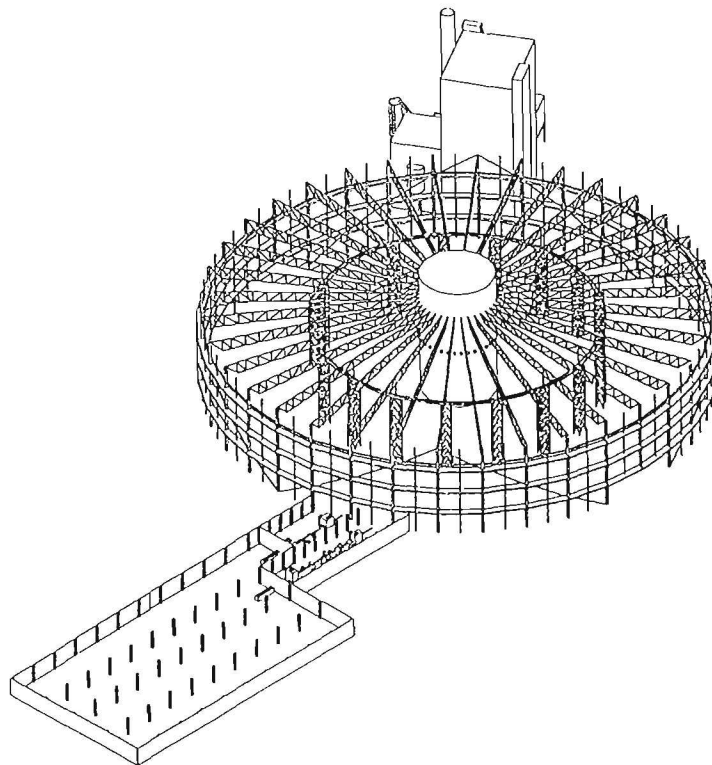
### 3.2.1 Rakennus

Rakennuksen runkomateriaaliksi valittiin teräs. Rakennusratkaisuksi valittiin ympärikiertävin rengaskehin jäykistetty putkimainen rakenne, jonka kattokannattajat ovat putkipalkkirakenteisia tasoristikoita.

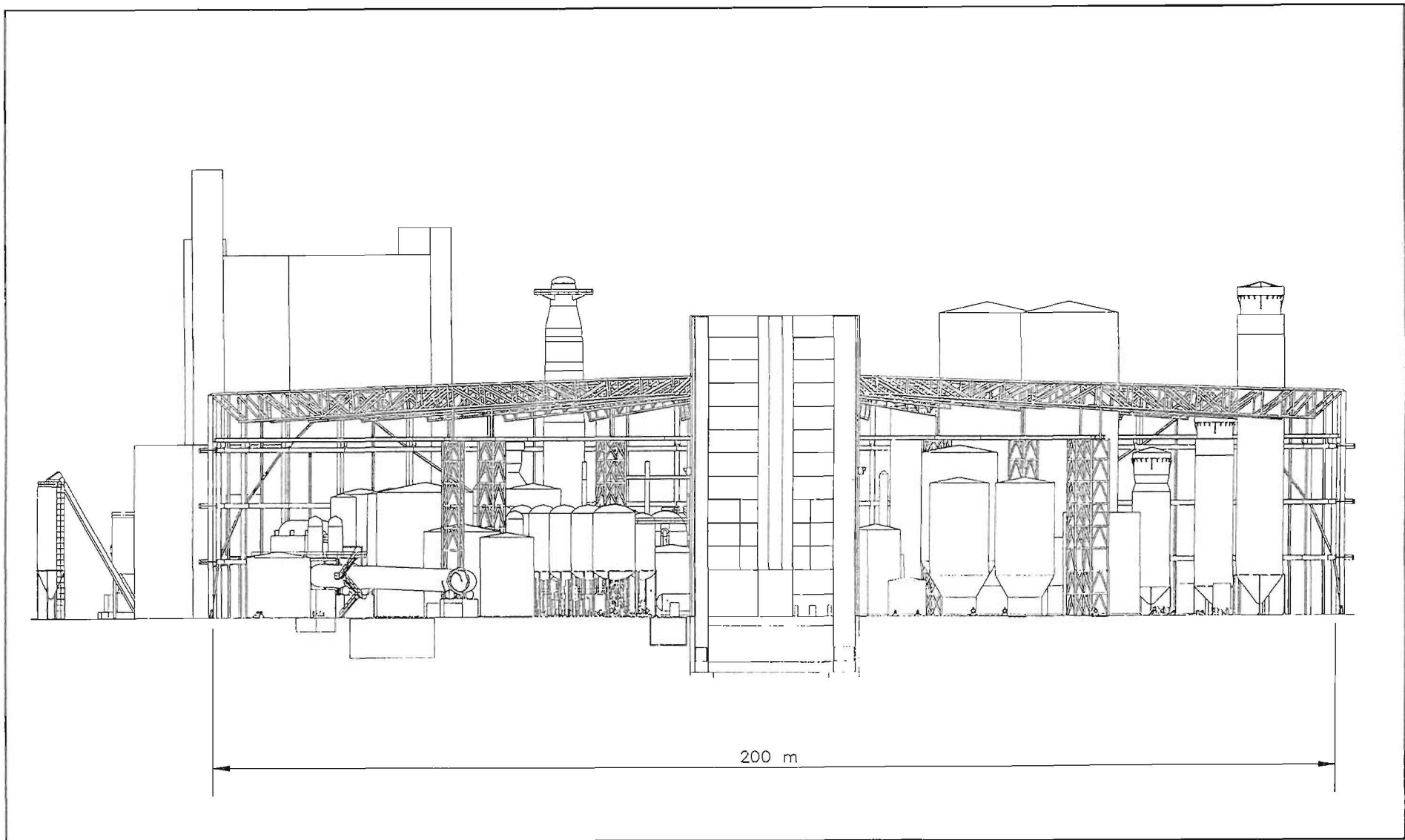
Poikkileikkaus on periaatteessa kaksilaivainen. Rakennuksessa on kaksi siltanosuria ja nosturiradoille on varattu välipilarit.

Rakenne- ja mittatietoja:

- rakennustilavuus noin 1100000 m<sup>3</sup>
- rakennuksen pohjapinta-ala noin 31415 m<sup>2</sup>
- jännevälit
  - ulkolaiva 42,5 m
  - sisälaiva 42,5 m
- teräsmäärä 15000 ton
- arvioitu rungon valmistus- ja asennusaika 12 kk
- rakennuksen halkaisija 200 m
- rakennuksen räystäskorkeus 35 m
- rakennuksen vapaa sisäkorkeus noin 30 m  
(kattokannattajan alapinnan korkeus)
- nosturin alapinnan korkeus 26 m
- seinäelementit: muovipinnoitettu pelti, eristyspaksuus 100 mm



Kuva 7. Sellusammon teräsrakenteet.



Kuva 8. Leikkauskuva Sellusammosta



### 3.2.2 Sähköistys

Sellusammon tehdasmalli ei aiheuta mitään sellaisia kategorisia vaatimuksia, jotka vaikuttaisivat sähkönjakelu- tai sähkökäyttölaitteiden teknisiin ratkaisuihin. Sähköjärjestelmä rakennetaan markkinoilla olevaa alan tekniikkaa käyttäen. Tehdas liittyy yhden 40 MVA:n päämuuntajan ja oman 110 kV:n kytkinlaitoksensa kautta ulkopuoliseen sähköverkkoon. Välijännitteeksi on valittu 10 kV, jotta generaattorit voitaisiin liittää ilman välimuuntajia tehtaan pääjakelukoneistoon. Tehtaan pienjänniteverkoston jännite on 690 V.

Tehdassali muodostaa suuren yhtenäisen palotilan, mistä johtuen jakelumuuntajina käytetään pääasiassa palamattomia kuivamuuntajia. Rakennuksen yksitasoratkaisu hyödynnetään sähkökunnossapidossa siten, että vianhaku, vikadiagnostiikka ja varaosien toimitus työkohteeseen nopeutuvat. Sähkövioista johtuvat seisokki- ja häiriöajat lyhenevät konventionaaliseen tehtaaseen verrattuna merkittävästi. Sähkötilojen keskittämistä vältetään. Sähkötilat rakennetaan pienempinä yksikköinä hajautetusti ja kevytrakenteisina lähelle kulutusposteja. Tällä tavoin pienennetään siirtohäviöitä ja investointikustannuksia aiheuttavaa pienjännitekaapelointia.

### 3.2.3 Automaatio

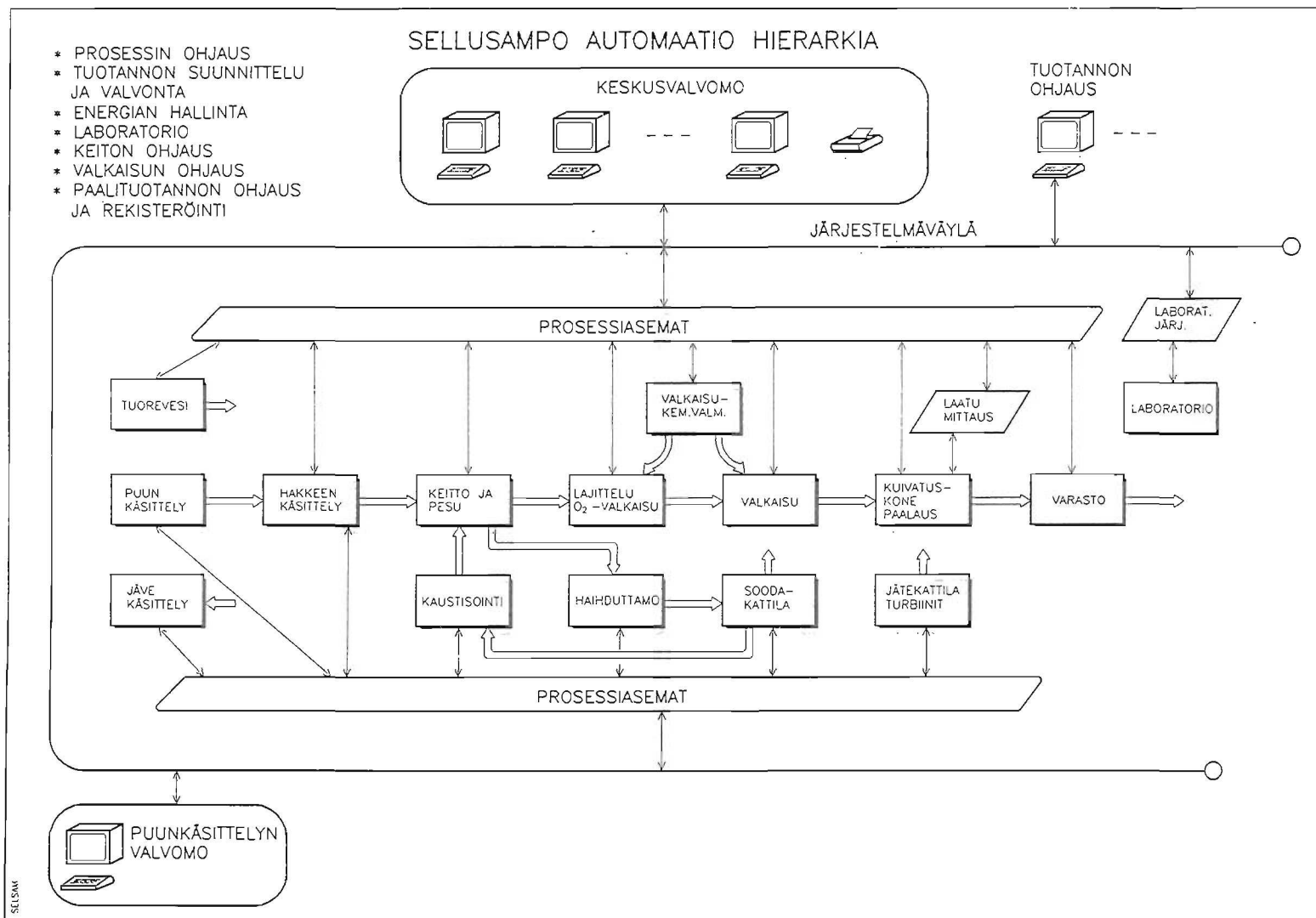
Automaatio toteutetaan hajautetulla digitaalisella ohjausjärjestelmällä, ja prosessin ohjaus tapahtuu valvomosta keskitetysti. Automaation sovellutussuunnittelussa huomioidaan erityisesti prosesseista saatavan tiedon muokkaus helposti käsiteltävään muotoon sekä operoinnin helppous.

Tehtaan automaatiototeutuksessa järjestelmäväylä on keskeisessä asemassa yhdistäen prosessiasemat keskenään sekä prosessiasemat ja valvomot keskenään. Järjestelmäväylän keskeisestä asemasta johtuen väylä toteutetaan kahdennettuna siten, että rinnakkaisväylät asennetaan kulkemaan omilla reiteillään. Tällöin mahdollinen kaapelivaurio ei vioita molempia rinnakkaisväyliä. Prosessiasemat hoitavat itsenäisesti kaikki mittaus-, säätö-, ohjaus- ja valvontatehtävät sekä vaihtavat tietoja keskenään. Valvomolaitteet muodostavat käyttäjäliittymän prosessin ja tehtaan käyttöhenkilökunnan välillä. Valvomolaitteiden avulla käyttöhenkilökunta suorittaa kaikki operointi- ja valvontatehtävät. Kokonaisvaltaisessa automaatiojärjestelmässä sama käyttäjäliittymä käsittää perusautomaation sekä ylemmän tason ohjaukset. Sellusammon automaatiototeutusta on havainnollistettu kuvassa 9.

Ohjausjärjestelmä täydentyy seuraavilla ylemmän tason ohjausjärjestelmillä, joiden avulla hoidetaan tuotannon suunnittelu, laboratoriotietojen käsittely ja siirto, ajovauhdin muutokset, kemikaali- ja energiankulutuksen seuranta jne.

- tuotannonohjausjärjestelmä
- energianhallintajärjestelmä
- laboratorio
- keittimen ohjausjärjestelmä
- valkaisimon ohjausjärjestelmä
- paalituotannon ohjaus- ja rekisteröintijärjestelmä
- haihduttamon ohjausjärjestelmä
- soodakattilan ohjausjärjestelmä
- kaustistamon ohjausjärjestelmä

Paikallisia näköhavaintoja vaativat ohjaukset hoidetaan paikallisista ohjauskohdista, kuten paikallispulpeteista ja ohjauspilareista.



Kuva 9. Sellusammon automaatiohierarkia.

### 3.2.4 LVI-järjestelmät

LVI-järjestelmillä tarkoitetaan tässä yhteydessä Sellusammon

- ilmastointijärjestelmiä (ei prosessi-ilmastointia)
- ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmää
- lämmitysjärjestelmää
- vesi- ja viemärijärjestelmää
- LVI-automaatiota

Nykytekniikkaan verrattuna Sellusammossa on ilmanvaihtokoneita ja muita LVI-laitteita hieman enemmän, ja käsiteltävät ilma- ja vesimäärät ovat hieman suuremmat. Keskitetyn layoutin ansiosta hankintakustannukset nykytekniikkaan verrattuna ovat kuitenkin suunnilleen samat, koska ilmanvaihtokanavisto ja putkistopituudet ovat lyhyemmät.

Prosessi-ilmastointia, kuten kuivauskoneen LTO ja hajukaasujen talteenotto, ei käsitellä tässä yhteydessä. Kuivauskoneen LTO käsitellään luvussa 3.3.9 ja hajukaasujen talteenotto luvussa 3.3.17.

Luvussa 3.2.4.1 esitettyjä mitoitusarvoja ja selostuksia LVI-järjestelmistä käytetään lähtökohtina lopullisia suunnitelmia laadittaessa.

#### 3.2.4.1 Ilmastointijärjestelmät

Prosessi-, valvomo- ja sähkötilojen ilmanvaihdon mitoitus perustuu muihin lämpötaselaskelmiin, joissa otetaan huomioon prosessi- ja sähkölaitteiden lämmönluovutus kuhunkin tilaan. Tämän yllilämmön poistamiseen tarvittava ilmamäärä mitoitetaan korkeimman sallitun huonelämpötilan ja tuloilman lämpötilan mukaan. Samalla otetaan huomioon prosessitiloissa mahdollisesti muodostuva kosteus, joten kosteusolosuhteiden hallitsemiseksi tarvitaan ehkä suurempi ilmanvaihtuvuus, kuin minkä lämpötilan hallitseminen vaatisi.

##### *Mitoitusarvot*

##### Lämpötila:

|           |                           |        |
|-----------|---------------------------|--------|
| Ulkoilma, | -vuoden keskiarvo         | +3 °C  |
|           | -minimilämpötila talvella | -33 °C |
|           | -maksimilämpötila kesällä | +27 °C |

##### Sisäilma,

|  |        |
|--|--------|
| - tuotantosali oleskelualueella kesällä          | +30°C  |
| - tuotantosali oleskelualueella lämmityskaudella | +20 °C |
| - kattilahuoneet ja turbiinisali                 |        |
| -- yläosa  | +35 °C |
| -- alaosa  | +25 °C |
| - valvomot                                       | +21 °C |
| - sähkötilat                                     | +21 °C |
| - RK-tilat                                       | +21 °C |
| - toimistotilat                                  | +21 °C |
| - sosiaalitila                                   | +22 °C |

Kosteus ulkona

– kesällä RH

50 %

– talvella RH

80 %

### *Tuotantosali*

Ilmastointilaitos mitoitetaan poistamaan rakennuksessa syntyvä yllilämpö sekä prosessista haihtuva kosteus. Ilmanvaihto on toteutettu syrjäytysperiaatteella. Syrjäyttävässä ilmanjakojärjestelmässä ilma puhalletaan tehdassaliin tasolla +0.000 olevien tuloilmaelimien läpi. Puhdas tuloilmavirta syrjäyttää epäpuhtaan ilman ja ilmapuhtaudet oleskelualueella. Syrjäytetty epäpuhdas ilmapuhtaus poistetaan prosessipoistojen ja vesikatolla sijaitsevien poistoilmakoneiden avulla ulos.

Tuloilmakoneet koostuvat etulämmityspatterista, ulko- ja kiertoilman sekoitusosasta, jälkilämmityspatterista, puhaltimesta sekä tuloilman jakokanavistosta. Tuloilmakoneilta otetaan tuloilmaa ns. aputiloihin, ja osa ilmasta puhalletaan kanaviston avulla seinän viereen. Likainen poistoilma poistetaan soodakattilan ja meesauunin palamisilmaksi, hajukaasujärjestelmän avulla apukattilan palamisilmaksi ja sellun kuivatukseen.

Tulo- ja poistoilmakoneita ohjataan LVI-automaatiolla. Automaation vaatiessa korkeampaa lämpötilaa aukeaa lämmityksen säätöventtiili. Mikäli säätöventtiili on täysin auki, eikä haluttua lämpötilaa ole saavutettu, suljetaan ulkoilmapeltiä ja avataan kiertoilmapeltiä.

### *Muut tilat*

Paalien käsittelyn ja kattilalaitoksien ilmanvaihto hoidetaan omilla erillisillä ilmanvaihtojärjestelmillä. Valvomot, sähkö- ja ristikytkentätilat jäähdytetään kiertoilmalla, joka on suodatettu mekaanisesti ja valvomo- ja RK-tiloissa myös kemiallisesti. Tilat pidetään ylipaineisina mekaanisesti ja kemiallisesti suodatetulla ilmalla. Muiden valvomorakennuksen tilojen, kuten toimistojen, sosiaali- ja edustustilojen ja ruokalan tuloilma otetaan ulkoa, suodatetaan ja lämmitetään tai jäähdytetään ja johdetaan tiloihin. Kyseisten tilojen poistoilma suodatetaan ja johdetaan LTO-siirtimen kautta ulos.

Muista edellä mainitsemattomista tiloista, joita ovat mm. wc:t, varastot ja hissit, poistetaan ilmaa tuotantotiloihin.

## **3.2.4.2 Lämmitysjärjestelmä**

Rakennus varustetaan omalla ilmastoinnin lämmitysvesiverkolla, jonka lämmönlähteenä on tuotantotilanteessa ylimääräinen lämmin prosessivesi.

Ylimääräinen lämmin prosessivesi johdetaan haihduttamolta ja kemikaalien valmistuksesta lämmönvaihtimiin, joissa lämmitetään ilmastoinnin lämmitysvesi. Seisokkeja varten varustetaan ilmastoinnin lämmitysverkko höyry/vesi-lämmön-siirtimellä, jonka lämmönlähteenä on vastapainehöyry.

### 3.2.4.3 Ilmastoinnin jäähdytysjärjestelmä

Rakennus varustetaan omalla ilmastoinnin jäähdytysvesiverkostolla.

Veden jäähdytys tehdään keskitetysti vedenjäähdytyskeskuksessa, josta jäähdytetty vesi viedään eristettyjä putkistoja pitkin ilmastointikoneiden jäähdytyspattereille mm. päävalvomoon ja erillisiin sähkötiloihin.

### 3.2.4.4 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Rakennus liitetään alueen käyttövesi-, saniteettijätevesi- ja sadevesiviemäriverkostoihin.

### 3.2.4.5 LVI-automaatio

LVI-järjestelmien säätöä ja valvontaa varten rakennus varustetaan hajautetulla DDC-säätö- ja valvontajärjestelmällä.

### 3.2.5 Palontorjunta

Palontorjunta sisältää automaattisen vesisprinklerilaitoksen, palopostilaitteet, paloilmaisujärjestelmät, savunpoiston, poistumistiet ja palo-osastoinnin. Lainsäädäntö ja vakuutussäädökset vaativat rakennuksen suojaamista sprinklerijärjestelmällä. Kokonaissprinklauksen perusteluja ovat teräsrakennerratkaisu, suuret palo-osastot ja henkilöturvallisuus. Sprinklerisuojausta ei tarvita erillisiin palo-osastoihin, porrashuoneisiin, sosiaalitaloihin ja sähkölaitetiloihin.

Automaattiseen vesisprinklerilaitokseen otetaan sprinklerivesi raakavesisäiliöstä. Pumput ja keskuslaitteet sijoitetaan raakavesisäiliön läheisyyteen omaan huonetilaan tai mieluummin ulkoseinän viereen omaan huonetilaan, josta on ovi ulos. Jälkimmäisessä tapauksessa olisi pumpuille tehtävä yhteinen imuputki raakavesisäiliöstä. Virtausnopeus imuputkessa on enintään 0,5 m/s.

Paloposteja sijoitetaan rakennuksen ulko- ja sisäpuolelle. Rakennuksen sisäpuolelle palopostit (25x25 PPP + 50 PP) sijoitetaan niin, että kahdella suihkulla ylettyy joka paikkaan. Ulkopalopostit sijoitetaan ulkoseinään enintään 80 m:n välein. Paloposteille tehdään oma pumppaamo. Sijoitus ja toimintaperiaate on sama kuin sprinkleripumppaamolla.

Sähkölaite- ja ATK-tilat varustetaan nopeatoimisella imuilmaisujärjestelmällä. Valvomot varustetaan tavanomaisella lämpö- tai savuilmaisujärjestelmällä.

Savunpoisto toteutetaan luukuilla tai koneellisesti. Savunpoistoluukut sijoitetaan tasaisin välein eripuolille vesikattoa.

Keskipilariin on tehtävä tarpeellinen määrä palo-osastoituja porrashuoneita. Porrashuoneiden alapäässä on ulospoistumistie, joka sijaitsee lattian alla.

Rakennus varustetaan omilla palo-osastoilla. Kattilaitos ja korjaamo ovat omia erillisiä palo-osastoja. Keskipilarin tilat muodostavat kerroksittain omia palo-osastoja. Mikäli mahdollista, jälkikäsittely ja varasto muodostavat oman palo-osaston. Kuljetusyhteys sinne voidaan hoitaa rajasprinklereillä.

Muita ulkopuolisia palonsuojakohteita ovat mm. paperitehdas, kuljettimet, seulomot sekä hakekasojen alapuoliset tunnelit, jotka suojataan sprinklerilaitoksella ja varustetaan paloposteilla ja käsisammuttimilla. Ulkoalueelle asennetaan tarpeellinen määrä ulkopaloposteja. Paperitehdas varustetaan automaattisella savunpoistolla. Paperitehtaan sähkötilat ja valvomot varustetaan imuilmaisujärjestelmällä.

### 3.3 Prosessiratkaisut

#### 3.3.1 Mitoitusperusteet

Sellusammon prosessi on jaettu prosessisuunnittelun ja ohjaustarkastelun helpottamiseksi ns. moduleihin. Kaikissa prosessivalinnoissa on kiinnitetty erityistä huomiota energian- ja vedensäästöön. Prosessilaitteet on valittu A. Ahlström Oy:n tuotevalikoimasta. Jätevedenkäsittelyssä ja raakavedenkäsittelyssä on käytetty myös muiden laitetoimittajien tuotteita. Laitteet ovat uusinta, kaupallisella asteella olevaa teknologiaa. Poikkeus on apukattilayksikkö, joka on A. Ahlström Oy:llä tuotekehityksasteella.

Liitteessä 1 on esitetty yksinkertaistettu kaavio Sellusammon kuitulinjasta.

Sellusammon vuorokausituotanto (vtu) on 1500 ADt/d. Tuotannot osastoille on laskettu valkaistun mäntymassan mukaan, kuorimo- ja hakkeenkäsittelymodulit on laskettu sekä männylle että koivulle.

Mitoituskapasiteetti kuorimolle ja hakkeenkäsittelylle on 1550 ADt/d valkaistua massaa ja muille osastoille 1500 ADt/d.

Keittokappa

– kappa (mänty, koivu) 24,0

Valkaisemattoman massan saanto

– mänty 46,5 %  
– koivu 52,0 %

Valkaistun massan saanto

– mänty 42,0 %  
– koivu 48,2 %

Tuotannon (1500 ADt/d) on oletettu jakautuvan seuraavasti:

Tuotanto, ADt/d

|                        | Pumppumassa | Kuivattu | Yhteensä |
|------------------------|-------------|----------|----------|
| Mänty                  | 530         | 970      | 1500     |
| Mänty                  | ---         | 1500     | 1500     |
| (jos kaikki kuivataan) |             |          |          |

Pumppumassa menee integroidulle WFC-paperikoneelle, mutta ilman WFC-paperikonetta kaikki massa kuivataan.

### 3.3.2 Raaka-aineet

#### *Polttoaineet*

Sellusammossa käytetään polttoaineena selluprosessin sivutuotteita (kuori, kuoriliete, mustalipeä, hajukaasut) sekä ulkopuolelta ostettavaa maakaasua. Maakaasua käytetään polttoaineena meesauunissa. Soodakattilassa ja apukattilayksikössä maakaasua käytetään starttipolttoaineena.

#### *Delignifointi- ja jälkivalkaisukemikaalit*

Klooridioksidin valmistusmenetelmäksi valittiin Ercon R 8 menetelmällä lähinnä pienen sähkönkulutuksen takia. R 9 menetelmässä elementaariklooria ei tarvita ollenkaan, mutta menetelmä ei ollut projektin aikana kaupallisella asteella.

Natriumsulfaattitase osoittaa n. 40,5 t vuorokautista ylimäärää.

Soodaa tarvitaan n. 16 tonnia ja kalkkikiveä n. 15 tonnia vuorokaudessa täydennuskemikaalina.

#### *Raakavesi*

Haihduttamon pintalauhdutus tarvitsee jäähdytysvettä 45600 m<sup>3</sup> vuorokaudessa. Mallissa on laskettu sen olevan koko ajan uutta vettä. Jäähdytysvesi voitaisiin myös jäähdyttää ja kierrättää, mutta se vaatisi kaksi jäähdytystornia. Näitä jäähdytystorneja ei Sellusammossa ole, vaan jäähdytysvesi 14250 m<sup>3</sup>/d käytetään talvella sali-ilman lämmitykseen (lisälämpönä käytetään höyryä).

Prosessivettä tehdas käyttää korkeintaan 20,2 m<sup>3</sup>/sellutonni.

#### *Muut kemikaalit*

Sellusammossa käytetään raakaveden ja jäteveden sekä kattilaveden käsittelyssä vähäisiä määriä erilaisia kemikaaleja, jotka ovat

- aluna
- NaOH-liuos
- Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>-kemikaali
- urea
- fosforihappo
- sammuttamaton kalkki
- flokkauskemikaalit
- NaCl-kemikaali
- rikkihappo
- kuohanpoistoaine
- pihkatalkki



### 3.3.3 Puunkäsittelymoduli

#### 3.3.3.1 Puunkäsittely

Puunkäsittelyyn kuuluu puun vastaanotto, puun kuorinta ja haketus. Puunkäsittely toimii 3/5 –järjestelmässä.

Puunkäsittelyä mitoittaessa on huomioitava prosessiratkaisujen vaikutus puun kulutukseen. Sellusammossa on käytetty jatkettua keitto, jonka jälkeen keittokappa on 24. Tasainen hake seulotaan vasta ennen keittoa, ja karkea jae eli oksat palautetaan keittoon oksanerottelusta. Lajittelun tertiärirejektit ohjataan energian tuotantoon.

Puun ominaiskulutukset:

|                  |  |
|------------------|--|
| – vtu mäntysellu | 6,30 k-m <sup>3</sup> kp/ADt (kuoripäällisenä) |
| – vtu mäntysellu | 5,36 k-m <sup>3</sup> kpu/ADt (kuorittuna)     |
| – vtu koivusellu | 5,80 k-m <sup>3</sup> kp/ADt (kuoripäällisenä) |
| – vtu koivusellu | 5,00 k-m <sup>3</sup> kpu/ADt (kuorittuna)     |

Puun vastaanotossa maantietä ja rautatietä myöten kuljetettu puu mitataan mitausasemalla ja viedään varastointialueille. Puuta vastaanotetaan 250 d/a, ja puukentän pinta-ala on 6,0 ha.

Puut kuoritaan kahdessa linjassa, sekä koivupuulle että havupuulle on oma linja. Kumpikin kuorintarumpu on varustettu sulatusuuneilla. Myös kuorenkäsittelyssä on kaksi linjaa, kummassakin linjassa on kuoripuristin, kolakuljetin ja kuorenrepijä. Kuori ja liete puristetaan 42 %:n kuiva-ainepitoisuuteen ja johdetaan kuorikasalle, jonka tilavuus on täytenä 25000 m<sup>3</sup> kuorta. Tästä kasasta kuorta ohjataan purkuruuvien kautta hihnakuljettimelle ja edelleen apukattilaan polttoon.

Kuorinta:

|                                     |                              |
|-------------------------------------|------------------------------|
| – mäntypuu kuoripäällisenä, tase    | 13230 k-m <sup>3</sup> kp/d  |
| – mäntypuu kuoripäällisenä, maksimi | 13670 k-m <sup>3</sup> kp/d  |
| – mäntypuu kuorittuna, tase         | 11272 k-m <sup>3</sup> kpu/d |
| – koivupuu kuorellisena, tase       | 9000 k-m <sup>3</sup> kp/d   |
| – koivupuu kuorittuna, tase         | 7700 k-m <sup>3</sup> kp/d   |

Kuoren määrä:

|                            |                        |
|----------------------------|------------------------|
| – havupuu, mitoitusuotanto | 1958 m <sup>3</sup> /d |
| – havupuu, maksimi         | 2023 m <sup>3</sup> /d |
| – koivu, mitoitusuotanto   | 1300 m <sup>3</sup> /d |

Hakkeen valmistukseen käytetään kahta kiekkohakkua, joiden kapasiteetit ovat 1000 i-m<sup>3</sup>/h. Lyhyet puut haketetaan pätkehakuilla (kapasiteetit 140 i-m<sup>3</sup>/h) ennen varsinaista haketusta. Myös rimoilte on oma käsittely. Hakuilta hake ohjautuu hakekasoille. Hakeseulonnan jälkeen hake ohjataan 10.000 m<sup>3</sup> annostelusiiloon. Heti hakkujen jälkeen on hakkeen paksuus- ja pituusmittaus. Tämän avulla voidaan seurata, milloin hakun terät on vaihdettava.

Hakkeen määrä:

|            |  |
|------------|--|
| – mäntypuu | 11272 k-m <sup>3</sup> kpu/d eli 30520 i-m <sup>3</sup> /d |
| – koivupuu | 7700 k-m <sup>3</sup> kpu/d eli 25060 i-m <sup>3</sup> /d  |

Puunkäsittelyn sähkönkulutus on 48 kWh/ADt ja lämmönkulutus on 144 MJ/ADt.

### 3.3.3.2 Puunkäsittelyn jätevedenkäsittely

Puunkäsittelyn jätevedenkäsittelyssä on kiertoveden ja sulatusveden käsittely sekä primääri- ja sekundääriselkeytysaltaat. Primääri- ja sekundääriselkeyttimet ovat sarjassa, mutta kaskadikytettyinä eli sekundääriselkeyttimeltä pumpataan liete takaisin primääriselkeyttimelle ja kirkastesuodos pumpataan biologiseen jätevedenkäsittelyyn.

Primääriselkeyttimen pohjasta liete pumpataan suotonauhapuristimelle.

Lietteen suodatuksessa on suotonauhapuristus. Selkeyttimien kirkaste ja suotonauhapuristimen suodos pumpataan biologiseen puhdistukseen.

Kuorimon kiertovesijärjestelmän täydennysvetenä käytetään  $1,57 \text{ m}^3/\text{k}-\text{m}^3\text{kpu}$  biologisen puhdistuksen kirkastetta ja  $0,2 \text{ m}^3/\text{k}-\text{m}^3\text{kpu}$  raakavettä.

Kuorimon jätevesikuormitukset biologiseen puhdistukseen ovat seuraavat:

|                    |  |
|--------------------|--|
| - kiintoaine       | 3,7 kg/ADt   |
| - BOD <sub>7</sub> | 1,05 kg/ADt  |
| - typpi            | 0,13 kg/ADt  |
| - fosfori          | 0,03 kg/ADt  |
| - rikki            | 0,03 kg/ADt  |
| - natrium          | 0,04 kg/ADt  |
| - kirkastepäästö   | $1,75 \text{ m}^3/\text{k}-\text{m}^3 \text{ kpu}$ |

Laskennan perusteiksi on otettu epäedullisin tilanne eli märkäkuorinta. Kuiva-kuorinnassa jäteveden kuormitusarvot ovat esim. kiintoaineen, fosforin ja jätevesimäärän ( $0,4 \text{ m}^3/\text{k}-\text{m}^3 \text{ kpu}$ ) osalta huomattavasti pienemmät kuin märkäkuorinnassa.

### 3.3.4 Hakkeenäsittelymoduli

Hakkeenäsittelymoduliin kuuluvat ostohakkeen vastaanotto, hakkeen seulonta ja varastointi.

Ostohakkeelle tehdään vastaanotto ja jälkiseulonta yhdessä muun hakkeen kanssa. Sille on kaksi  $400 \text{ m}^3$ :n vastaanottosiiloa sekä kaksi kuljetinjärjestelmää. Seulonta tapahtuu joko mänty- tai koivulinjalla. Ostohakkeen purkukapasiteetti on  $1000 \text{ i}-\text{m}^3/\text{h}$ .

Sekä mäntylinjalle että koivulinjalle on oma seulonta, männylle on lisäksi purunkäsittely ( $200 \text{ m}^3$ :n siilo). Hakkeen seulonnassa mitataan hakkeen pituutta ja paksuutta. Hakkeen mittojen muuttuessa sellutehtaan valvomoon menee ilmoitus.

Hakemoduliin kuuluu mänty- ja koivuhakevarastoalueet, joiden pinta-ala on yhteensä  $2,0 \text{ ha}$ , ja  $0,6 \text{ ha}$ :n ostohakevarastoalue.

|               |  |
|---------------|--|
| Kapasiteetit  |  |
| - seulonta    | $21800 \text{ i}-\text{m}^3/\text{d}$  |
| - varastointi | $225000 \text{ i}-\text{m}^3/\text{d}$ |

Hakkeenäsittely kuluttaa sähköä  $16 \text{ kWh/ADt}$ .

### 3.3.5 Keitto- ja diffusööripesumoduli

#### 3.3.5.1 Keitto

Keittomodulin tehtävänä on jatkuvalla menetelmällä aloittaa puun delignifointi ja jatkaa sitä niin pitkälle kuin se nykytekniikalla on mahdollista. Männyn kohdalla tämä merkitsee kappalukua 24.

Keittomodulin tehtävänä on myös erottaa syntynyt liemi eli mustalipeä kuiduista niin korkeassa konsentraatiossa kuin mahdollista. Modulin tuote, pesty ruskea massa, varastoidaan sakeamassatornissa ennen lajittelumodulia.

Ennen imeytystornia on 400 m<sup>3</sup>:n hakesiilo, hakemittaus, romuloukku, matalapainekiikki, pasutusastia ja korkeapainekiikki.

Keittomodulin pääkoneistona on Kamyryn kaksiasianestefaasikeitin varustettuna kaikilla jatkettun keiton tarvitsemilla lisälaitteilla. Massa johdetaan Kamyryn kaksoisdiffusööriin, jossa se pestään vastavirtaperiaatteella. Pesun jälkeen massa johdetaan edelleen kahteen 1500 m<sup>3</sup>:n välivarastotorniin.

Keittimestä mustalipeän kanssa ulos johdettu sekundäärinen hönkälämpö käytetään haihdutukseen. Sekundääri-, tertiääri- ja jälkilämmöntalteenottolaitteet sijaitsevat haihduttamolla. Paisunnan jälkeen mustalipeä viedään keittämölle kaksivaiheiseen mustalipeä/kuidunlajitteluun.

Keittämöllä ovat myös keittimen ylä- ja välikierron- sekä loppukierron lämmönsiirtimet, valkolipeän lämmönsiirrin sekä hiekanerottimet.

Keittämön tasetuotanto on 1660 ADt/d, ja keittämö on mitoitettu tuotannon 1830 ADt/d mukaan.

|                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| Keittokappa              | 24, vton mäntysellu         |
| Alkaliannos              | 18,0 % Na <sub>2</sub> O:na |
| Sulfiditeetti            | 30 %                        |
| Kaustisiteetti           | 85 %                        |
| Reduktioaste             | 95 %                        |
| Valkolipeän määrä        | 3,7 m <sup>3</sup> /ADt     |
| Vtu:n mäntysellun saanto | 46,5 %                      |
| Mustalipeän kuiva-aine   | 16,0 – 16,5 %               |
| Neste/puusuhte           | 3,7:1                       |
| Hakkeen kosteus          | 50 %                        |

|                        |                          |
|------------------------|--------------------------|
| Muut kulutusluvut,     |                          |
| raakavesitarve         | 1,2 m <sup>3</sup> /ADt  |
| kuuman veden valmistus | 2,5 m <sup>3</sup> /ADt  |
| mekaanisen veden tarve | 0,17 m <sup>3</sup> /ADt |
| lämpimän veden tarve   | 2,0 m <sup>3</sup> /ADt  |
| sähkönkulutus          | 46 kWh/ADt               |
| lämmönkulutus          | 2530 MJ/ADt              |

### 3.3.5.2 Diffusööriipesu

Diffusööriipesu on kaksivaiheinen vastavirtapesuysikkö, joka sijaitsee kahden 1500 m<sup>3</sup>:n tornin päällä. Siellä puskumassa pestään lajittelusta saatavalla pesusuodoksella. Pesunestemäärä on 14,4 m<sup>3</sup>/ADt.

Pesusuodokselle on yksi 400 m<sup>3</sup>:n suodosnestesäiliö, josta pesuneste pumpataan syrjäytysliemenä keittimen pohjaan.

Diffusööriipesu on mitoitettu tuotannon 1830 ADt/d mukaan, sen tasetuotanto 1660 ADt/d. Pesu kuluttaa sähköä 14 kWh/ADt.

### 3.3.6 Lajittelumoduli

Lajittelumoduli on varustettu oksanerotuksella ja pesulla. Lajittelumoduliin kuuluvat lisäksi primääri-, sekundääri-, tertiärilajittelu ja tärysihtaus sekä massan saostus 10–12 %:iin.

Lajittelumodulissa oksat erotetaan kahdella oksalajittimella, jonka jälkeen ne pestään kahdella oksapesurilla ja varastoidaan lyhyeksi ajaksi 80 m<sup>3</sup>:n oksasiiloon. Siilosta oksat puretaan sulkusyöttäjän kautta oksapuhaltimelle, josta oksat puhalletaan sykloonan kautta hakaruuville ja edelleen takaisin keittoon.

Oksalajittelun jälkeen massa ohjautuu kolmelle primäärilajittimelle ja aksepti niistä edelleen kaksoissaostimien kautta MC-pumppaukseen.

Ruskeamassatorneilta lajitteluun haettava massa laimennetaan oksalajittelun suodosvedellä 3,5 %:iin. Lajittelusakeus on 2,5 –3,5 %.

Suodattimien pesunesteenä käytetään happidelignifioinnista saatavaa suodosvettä, jonka määrä on 14,4 m<sup>3</sup>/ADt.

Rejektit lajitellaan sekundääri- ja tertiäriportaassa. Tertiäriportaan rejektit menevät edelleen tärysihdille. Tärysihdin rejektit viedään joko keittoon takaisin oksien seassa tai pumppaussäiliön ja lietekäsittelyn kautta apukattilan polttoon.

Sellusammossa ei ole rejekteille erillistä jauhatusta eikä lajittelua, tästä johtuen saanto on 98 %, sekä sähkönkulutus on pienempi kuin nykytekniikassa. Sellusammon lajitteluhäviö on 0,5–1,0 % pienempi kuin nykytekniikassa.

Lajittelu on laskettu 1627 ADt/d akseptituotannolle ja mitoitus 1810 ADt/d tuotannon mukaan. Lajittelun sähkönkulutus on 47 kWh/ADt.

### 3.3.7 Happidelignifiointimoduli

Delignifiointimodulin tehtävänä on alentaa kuitumassaan keitossa jäänyttä ligniini-pitoisuutta eli pienentää kappalukua arvoon 12, joka on laitetoimittajan lupaama takuuarvo.

Happidelignifiointiin kuuluu kaksivaiheinen happikäsittely 10–12 %:n sakeudessa kahdella eri reaktiotornilla. Ensimmäisen vaiheen viive on vain 10 min ja toisen 60 min. Massan lämpötila nostetaan happivaiheissa 100 – 105 °C:een, mikä edesauttaa hapen vaikutusta ligniiniin.

Happivaiheen jälkipesu suoritetaan kaksoisdiffusööripesurilla. Diffusööripesusta massa pumpataan MC-sakeudessa kahteen 4000 m<sup>3</sup>:n ruskeamassatorniin.

Kaksoisdiffusöörin pesuneste on haihduttamon sekundäärilauhdetta, jonka määrä on 9,1 m<sup>3</sup>/ADt. Ylimäärä pumpataan lajittelun kaksoissuodattimille. Suodosvesisäiliö on kaksiosainen.

Happidelignifioinnin akseptituotanto on 1586 ADt/d. Mitoitustuotanto on 1760 ADt/d. Happidelignifioinnin sähkönkulutus on 37 kWh/ADt ja lämmönkulutus on 616 MJ/ADt.

Kemikaaliannostukset:

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| happi             | 23,5 kg/ADt |
| hapetettu lipeä   | 28,7 kg/ADt |
| MgSO <sub>4</sub> | 3,2 kg/ADt  |

Happidelignifioinnin kokonaissaanto on 97,5 % eli n. 0,5 % pienempi kuin nykyteknikassa, koska Sellusammon prosessissa on kaksi happireaktoria. Happidelignifioinnin jälkeinen kappia on 10 (laitetoimittajan takuuarvo). Kaksivaiheinen happivalkeaisu vähentää valkeaisukemikaalien kulutusta valkeaisumodulissa.

Happidelignifiointimoduliin kuuluu myös valkolipeän hapetus ja MgSO<sub>4</sub>-kemikaalin käsittely.

### 3.3.8 Valkaisumoduli

Pitkässä delignifiointiprosessissa jää loppuvalkeaisun tehtäväksi poistaa jäännösligniini pois massasta. Jäännösligniiniä ei voida palauttaa takaisin mustaanlipeään kuten edellisissä moduleissa, vaan se on poistettava järjestelmästä, koska suodosvesi sisältää orgaanisia klooriyhdisteitä, jotka aiheuttaisivat soodakattilassa sekä haihduttamossa ongelmia. Ligniinin poistamisen jälkeen massa kuljetetaan sakean massan varastoon ennen kuivatusta.

Jälkivalkeaisun kalustoksi on valittu veden- ja energiansäästösyistä Kamyryn diffusöörit.

Valkaisussa on myös lämmönsiirtimet, kemikaalimixerit MC-pumppauksineen sekä suodosnestesäiliöt (3 kpl).

Valkaisun toiminta-arvoja kuvaa seuraava jaotelma.

|   |              |
|---|--------------|
| Valkaisutavoite                           | maks. ISO 90 |
| Valkaistun mäntymassan saanto valkaisussa | 95 %         |

Diffusöörivalkaisu on kolmivaiheinen:

1. vaihe

ClO<sub>2</sub>-vaihe

|   |           |
|---|-----------|
| - viipymä                               | 60 min    |
| - lämpötila                             | 55–60 °C  |
| - sakeus                                | 10 %      |
| - ClO <sub>2</sub> -määrä, väk. 8,0 g/l | 12 kg/ADt |

2. vaihe

EOP-vaihe

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| - viipymä                   | 120 min     |
| - lämpötila                 | 65–70 °C    |
| - sakeus                    | 10–12 %     |
| - kemikaalit                |             |
| - NaOH-liuos 100 g/l        | 23,2 kg/ADt |
| - Peroksidi 50 g/l          | 3,7 kg/ADt  |
| (tai vastaava määrä happea) |             |

3. vaihe

ClO<sub>2</sub>-vaihe

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| - viipymä                         | 240 min    |
| - lämpötila                       | 70–75 °C   |
| - sakeus                          | 10 %       |
| - kemikaalit                      |            |
| - NaOH-liuos 100 g/l              | 2,7 kg/ADt |
| - ClO <sub>2</sub> -liuos 8,0 g/l | 8,0 kg/ADt |
| - SO <sub>2</sub> -liuos 15 g/l   | 4,0 kg/ADt |

Kemikaalit sekoitetaan massaan kemikaali- ja massamixereissä sekä MC-pumpuissa.

Pesu tapahtuu diffusööripesuysyksiköissä. Viimeisessä ClO<sub>2</sub>-diffusöörivaiheessa käytetään pesuvetenä kuivauskoneen nollavettä, EOP-vaiheeseen käytetään kuumaa pesuvettä. Ensimmäisessä ClO<sub>2</sub>-diffusöörivaiheessa käytetään pesuvetenä viimeisen vaiheen suodosvettä ja EOP-vaiheen suodosvettä.

Pesunesteet:

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| - kuuma pesuneste         | 7,0 m <sup>3</sup> /ADt |
| - kuivauskoneen nollavesi | 7,0 m <sup>3</sup> /ADt |

Valkaisumodulin akseptituotanto on 1500 ADt/d ja mitoitustuotanto 1550 ADt/d. Modulissa kuluu sähköä 55 kWh/ADt ja lämpöä 253 MJ/ADt.

Valkaisun vesistökuormitukset:

|        |            |
|--------|------------|
| - BOD7 | 12 kg/ADt  |
| - COD  | 30 kg/ADt  |
| - TOC  | 13 kg/ADt  |
| - väri | 150 kg/ADt |

|  |             |
|--|-------------|
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> päästöt: | 11,0 kg/ADt |
| – rikki                                  | 2,48 kg/ADt |
| – natrium                                | 3,56 kg/ADt |
| Kiintoainepäästöt pesuissa ovat yhteensä | 11 kg/ADt   |

### 3.3.9 Kuivatuskonemoduli

#### 3.3.9.1 Sellun rainaus ja kuivatus

Sellun rainaukseen ja kuivatukseen kuuluu tasoviirakone, joka on varustettu paineperälaatikolla sekä kolmenipellisellä puristinosalla.

Massa haetaan valkaisimon jälkeisestä 10000 m<sup>3</sup>:n massatornista laimentamalla se koneen kiertovedellä pumppaussakeuteen ja pumppaamalla se sekoitussäiliöön. Siihen pumpataan tarvittaessa myös koneen oma katkomassa joko hylkytornista tai aloitustilanteessa suoraan märänpään pulpperista.

Massa pumpataan konesäiliöstä viirakaivon kautta sekoituspumpulle, josta massapulppu pumpataan perälaatikkoon. Perälaatikon ulosvirtausmäärä on 2000 l/s. Perälaatikon sakeusalue on 0,8–1,2 %. Tasoviiran jälkeen kuiva-ainepitoisuus on 22 %, ja kokonaisretentio viiraosalla on 98 %. Puristimen jälkeen kuiva-ainepitoisuus on 40–45 %. Sellun kuivatus tapahtuu leijukuivatuksena, ja kuiva-ainepitoisuus ennen arkitusta on 90 %.

Massa pestään viiraosalla kuumalla kemiallisesti puhdistetulla vedellä, jonka määrä on 4,3 m<sup>3</sup>/ADt.

Kuivatuskonemoduliin kuuluu myös sekoitus- ja konesäiliöt, 1500 m<sup>3</sup>:n nollavesi- ja 1500 m<sup>3</sup>:n hylkytorni sekä muut säilöt.

Kuivatusosasta otetaan talteen lämpöä. Kuivattimen kuuma poistoilma esilämmittää ensin salista kuivattimeen puhallettavaa kuivatusilmaa. Sen jälkeen se lämmittää salitilaan puhallettavaa ulkoilmaa vesipattereilla. Viime vaiheessa kuivattimen poistoilma lämmittää suihkuvesitorneihin syötettävää prosessivettä. Laitokseen sisältyy neljä keskenään samanlaista lämmöntalteenottolinjaa.

Nollaveden suodatus tapahtuu kahdella painesihdillä. Osa kirkassuodoksista käytetään suihkuvetenä viiraosalla, sekä kirkasteylimäärä n. 1,3 m<sup>3</sup>/ADt johdetaan biologiseen puhdistukseen.

Alipaine viira- ja puristinosalla saadaan aikaan nykyaikaisilla vesirengaspumpuilla (6 kpl). Tyhjäpumpujen tehot vaihtelevat 110–315 kW.

Normaalijossa massaa kuivataan 970 ADt/d. Loput sellutehtaan tuotannosta (530 ADt/d) pumpataan integraattina olevalle WFC-paperitehtaalte. Paperitehtaan ollessa seisokissa kaikki massa kuivataan, joten kuivatuskone on mitoitettu 1500 ADt/d tuotannon mukaan.

Kuivatuskoneen sähkönkulutus on 78 kWh/ADt ja lämmönkulutus on 1976 MJ/ADt. Luvut on ilmoitettu tuotettua sellutonnia kohti. Kuivattua sellutonnia kohti ilmoitettuna sähkönkulutus on 120 kWh/ADt ja lämmönkulutus on 3055 MJ/ADt.

### 3.3.9.2 Sellun arkitus ja paalaus

Arkkileikkurilla selluraina leikataan pitkittäisosaan ja poikkileikkurilla arkeiksi, jotka kasataan 200–250 kg:n sellupaaleiksi. Paalit ohjataan vaakauksen kautta paalipuristimeen ja sen jälkeen suoja-arkkien viikkaukseen. Lopuksi ne pinotaan suuryksikölle, jossa paaliyksiköt ovat 1600–2000 kg:n kokoisia suurpaaleja.

Suurpaaliyksiköltä paalit ohjataan selluvarastoon kuljetettavaksi asiakkaille.

Sellun arkitus ja paalaus:

|                    |               |
|--------------------|---------------|
| – paalin paino     | 200–250 kg    |
| – paaleja          |               |
| – mitoitus         | 6600 paalia/d |
| – tase             | 3880 paalia/d |
| – suurpaaliyksikkö |               |
| – minimi           | 1600 kg       |
| – maksimi          | 2000 kg       |

### 3.3.10 Haihdutusmoduli

Haihdutusmoduliin kuuluu 3-vaiheinen paisunta, lämmöntalteenotto sekä 7-vaiheinen haihdutus. Myös lipeän lämpökäsittely sekä suovan, tärpätin ja metanolin erotus kuuluvat tähän moduliin.

Haihdutusmodulin tehtävänä on haihduttaa keiton jälkeisen pesun tuottama mustalipeä n. 16 %:n kuiva-ainepitoisuudesta 80 %:n kuiva-ainepitoisuuteen soodakattilassa tapahtuvaa polttoa varten. Sivutehtävinä on erottaa mustalipeän rasva- ja hartsihapoista muodostuva suopa ja tärpätti, jotka poltetaan apukattilassa. Kaikki keitossa ja haihdutuksessa syntyneet sivuaineet kuten metanoli, dimetyylisulfidi, rikkivety ym. kerätään ja johdetaan apukattilayksikköön poltettavaksi.

Kuumaa prosessivettä Sellusammossa tarvitaan yhteensä 7,1 m<sup>3</sup>/ADt, josta haihdutusmodulissa valmistetaan n. 4,6 m<sup>3</sup>/ADt. Loput prosessin tarvitsemasta kuumasta vedestä (2,5 m<sup>3</sup>/ADt) valmistetaan keittämöllä.

Osa haihduttamon paisuntahöyrystä käytetään keittämön hakkeen lämmitykseen ja hakkeen pasutukseen. Haihduttamolla käytetään mustalipeän paisunnan II, III ja IV-vaihe primäärienergian säästämiseksi.

Laitteistoksi on valittu laskevakalvotyyppinen ("falling film") haihduttamo, joka 80 %:n kuiva-ainepitoisuuteen pääsemiseksi käsittää myös "lämpökäsittely–krakkaus"–yksikön. Krakkauksessa vapautuva dimetyylisulfidi poltetaan apukattilassa.

Haihduttamo sisältää likaislauhteiden erotuksen ja strippauksen. Metanoli ja erotettu tärpätti kerätään säiliöihin ja pumpataan poltettavaksi apukattilassa.

Haihduttamolla on lämpimän veden 500 m<sup>3</sup>:n ja kuuman veden 500 m<sup>3</sup>:n varastointi-säiliöt ja 1000 m<sup>3</sup>:n suopasäiliö.

Haihduttamon mitoitusarvot:

|                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| – kuiva-aine          | 3000 t <sub>ka</sub> /d  |
| – haihduetettava vesi | 625 t H <sub>2</sub> O/h |



## Haihduttamon tasearvot:

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| – kuiva-aine                 | 2830 t <sub>ka</sub> /d  |
| – haihdutettava vesi         | 590 t H <sub>2</sub> O/h |
| – jäähdytysvesitarve         | 30,2 m <sup>3</sup> /ADt |
| – kuuman veden valmistus     | 4,6 m <sup>3</sup> /ADt  |
| – lämpimän veden valmistus   | 30,2 m <sup>3</sup> /ADt |
| – sekundäärilauhde           | 9,46 m <sup>3</sup> /ADt |
| – suopa                      | 35,8 kg/ADt              |
| – tärpähti                   | 7,5 kg/ADt               |
| – likaislauhde               | 852 kg/ADt               |
| – lämpökäsittelyn hajukaasut | 3,70 kg/ADt              |
| – sähkö                      | 18 kWh/ADt               |
| – lämpö                      | 2696 MJ/ADt              |

**3.3.11 Soodakattilamoduli**

Soodakattilassa poltetaan vahva mustalipeä 80 %:n kuiva-ainepitoisuudessa ja kehitetään höyryä.

Haihduttamolta tuleva vahvamustalipeä sekoitetaan tuhkasuppiloiden ja sähkösuotimen tuhkan kanssa sekoitussäiliöissä. Sekoitussäiliöstä lipeä pumpataan kierroslukusäädetyllä syöttölipeäpumpulla lipeälämmittimien kautta lipeäsuuttimille. Kattilan käynnistys- ja tukipolttoaineena käytetään maakaasua.

Poltettava kuiva-ainemäärä on 2830 t<sub>ka</sub>/d eli 32,8 kg<sub>ka</sub>/s. Kattila on mitoitettu mustalipeämäärän 3000 t<sub>ka</sub>/d mukaan. Mustalipeän kalorimetrinen lämpöarvo männyllä vaihtelee 14500 – 15000 kJ/kg<sub>ka</sub>.

Soodakattilan palamisilma tuodaan turpiinisalin ja soodakattilarakennuksen yläosasta. Palamisilmaa tarvitaan 136,0 m<sup>3</sup>n/s. Poltossa syntyy kuivia savukaasuja 126,9 m<sup>3</sup>n/s (kosteita 156,8 m<sup>3</sup>n/s). Savukaasujen O<sub>2</sub>-pitoisuus on 3 % ja kosteuspitoisuus on 19,04 %. Laskelmissa on käytetty palamisilmalle ilmakerrointa 1,16. Savukaasut imetään tulipesästä kahdella kierroslukusäätöisellä radiaalipuhaltimella ja johdetaan sähkösuodattimen kautta savupiippuun. Kuumailmapuhaltimen mitoitusarvo on 70 % savukaasumäärästä. Soodakattilan palamisilma- ja savukaasumäärän laskeminen on esitetty liitteessä 2.

Tulipesässä muodostunut sula johdetaan vesijäähdytettyjä sularännejä pitkin liuottimeen, jossa se liuotetaan kaustisoinnista saatavaan laihavalkolipeään. Muodostuva viherlipeä pumpataan kaustisointiin. Viherlipeäpumppuja ja lipeäputkia liuottimen ja kaustisoinnin välillä on kaksi kappaletta, jotta määrätyin välein viherlipeäputki saadaan huuhdottua laihavalkolipeällä. Liuotin on varustettu hönkätorvella ja hönkätorvi pesurilla, jolla pestään kaasuista pois epäpuhtaudet.

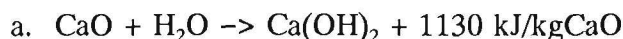
Kattilan syöttöveden lämpötilan ollessa 110 °C saadaan kattilasta korkeapainehöyryä 123,4 kg/s. Korkeapainehöyryyn paine on 8,30 MPa<sub>a</sub> ja lämpötila on 480 °C. Soodakattilan lämmönkehitys höyryyn on 413 MJ/s. Höyry johdetaan väliottovastapaine- ja lauhdeturpiineille. Soodakattila käyttää sähköä 94 kWh/ADt ja lämpöä 1515 MJ/ADt.

### 3.3.12 Kaustisointimoduli

Kaustisointimoduliin kuuluu kaustisointi ja meesanpoltto. Kaustisointi käsittää viherlipeän käsittelyn ja valkolipeän valmistuksen. Meesanpolttoon kuuluu meesauuni ja kalkinkäsittely.

Kaustisointi- ja kalkinpolttomodulin tehtävänä on muuttaa soodakattilalta saatava viherlipeä hakkeen keittoon soveltuvaksi valkolipeäksi (kaustisointi) ja regeneroida kaustisoinnissa syntynyt kalsiumkarbonaatti jälleenkäytettäväksi polttamalla se uudelleen kalkiksi (kalsinointi).

*Kaustisointireaktio:*



*Kalsinointireaktio:*



Modulin tehtäviin kuuluu myös varastoida viherlipeää ja valkolipeää (keittolipeä) vähintään 15 tunnin tuotantoa vastaava määrä.

Valkolipeän valmistuskapasiteetti:

|            |                        |
|------------|------------------------|
| – mitoitus | 6200 m <sup>3</sup> /d |
| – tase     | 5500 m <sup>3</sup> /d |

Kalkinpolton mitoitus:

|            |                         |
|------------|-------------------------|
| – mitoitus | 500 t <sub>CaO</sub> /d |
| – tase     | 460 t <sub>CaO</sub> /d |

Kaustisoinnin ja meesanpolton kulutukset:

|                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| – poltetun kalkin tarve    | 307 kg/ADt               |
| – makeup-kalkki            | 6 kg/ADt                 |
| – raakavesitarve           | 2,0 m <sup>3</sup> /ADt  |
| – sekundäärilauhteen tarve | 0,3 m <sup>3</sup> /ADt  |
| – kuumavesitarve           | 0,1 m <sup>3</sup> /ADt  |
| – maakaasu                 | 50,2 m <sup>3</sup> /ADt |
| – palamisilma              | 520 m <sup>3</sup> /ADt  |
| – sähkö                    | 25 kWh/ADt               |
| – lämpö                    | 29 MJ/ADt                |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| CaCO <sub>3</sub> :n valmistus | 335 kg/ADt |
|--------------------------------|------------|

*Kaustisoinnin ja kalkinpolton prosessikuvaus*

Soodakattilan liuottajalta pumpatun viherlipeän väkevyys tasoitetaan viherlipeäselkeytinsäiliön päälle rakennetussa tasaussäiliössä, josta lipeä virtaa ylijouksun kautta selkeytykseen. Ominaispainosäädetty viherlipeä pumpataan kaus-

tisointisammuttajaan, johon kalkki annostellaan sopivaksi. Kahden reaktioastian ja pumppaussäiliön kautta kulkenut kalkkimaito pumpataan jaksoittain (jakson pituus noin 10 min.) yhteen valkolipeen suodattimeen ja meesa erotetaan valkolipeäsuodattimen pohjasta meesan pumppaussäiliöön.

Pumppaussäiliöstä meesa pumpataan meesasuoittimen kautta säiliöön, josta edelleen meesa pumpataan rumpusuodattimelle. Suodatinrummelta meesa ohjataan kuljettimien kautta meesauuniin. Meesasuoittimen pesunesteenä on haihduttamolta saatavaa lämmintä vettä.

Suodattimessa tapahtuu valkolipeen ja meesan erotus sekä meesan pesu vapaaksi alkalista (jäännösalkali alle 0,1 %) ja meesan kuivatus noin 80 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Suodatuksen jälkeen meesa puretaan ruuvikuljettimen avulla hihnakuljettimelle, josta meesa syötetään ruuvikuljettimen avulla meesauuniin. Meesapöly kerätään meesasykloonaan. Sykloonan pohjalla olevasta sulkusyöttimestä meesa putoaa sen alla olevaan kuivameesavarastoon. Varaston pohjalla oleva ruuvi syöttää meesan meesauuniin.

Poltettu meesa, joka on kalkkioksidia, puretaan meesauunista murskaimen kautta lamellikuljettimelle, jonka jälkeen se viedään elevaattorilla kalkkisiiloon.

Meesasuodattimessa crottunut kirkas valkolipeä virtaa vapaasti valkolipeäsäiliöön, johon myös ohjataan pesun aikana syntynyt heikompi lipeä. Näin välttyään kokonaan aktiivialkalin turhalta kierrätykseltä takaisin soodakattilalle.

Meesauuni on varustettu sähkösuodattimella karbonaattipölyn keräämiseksi ja syöttämiseksi takaisin kiertoon.

### 3.3.13 Kemikaalimoduli

Kemikaalimoduli käsittää sellutehtaan valkaisukemikaalien  $\text{ClO}_2$ :n valmistuksen R8 menetelmällä ja muut kemikaalijärjestelmät, kuten raakaveden ja kemiallisesti puhdistetun veden valmistuksen ja biologisen vedenkäsittelyn kemikaalit.

Modulin tehtävänä on ottaa vastaan tarvittavat kemikaalit ja varastoida ne turvallisella tavalla. Sellusammon prosessi ei käytä elementaariklooria. Klooridioksi on ainoa klooria sisältävä käyttökemikaali. Sitä valmistetaan modulissa.

Sellusammon prosessikonseptissa käytetään seuraavia kemikaaleja.

- klooridioksidin valmistukseen,
  - natriumkloraatia  $\text{NaClO}_3$
  - rikkidioksidia  $\text{SO}_2$
  - rikkihappoa  $\text{H}_2\text{SO}_4$
  - metanolia  $\text{MeOH}$
- delignifiointiin ja jälkivalkaisuun,
  - happea  $\text{O}_2$
  - valkolipeää  $\text{NaOH}$
  - magnesiumsulfaattia  $\text{MgSO}_4$
  - vetyperoksidia  $\text{H}_2\text{O}_2$

- raakaveden ja jäteveden käsittelyyn,
  - alunaa
  - ferrosulfaattia
  - ureaa
  - fosforihappoa
  - muita flokkauskemikaaleja
- kemikaalikiertoon,
  - soodaa

Klooridioksidin valmistusmenetelmäksi on valittu ERCO R 8, jossa muodostuu 0,40 kg klooria jokaista valmistettua klooridioksidikiloa kohden (klooridioksidin tarve n. 20 kg/ADt).

Sellusampo tuottaa 5 kg/ADt yli oman tarpeen natriumsulfaattia, koska klooridioksidin valmistusmenetelmä R8 ei sisällä suolanhajotusta. Ylimääräisen natriumsulfaatin käyttömahdollisuuksia ei projektin puitteissa selvitetty.

Klooridioksidilaitoksen mitoitus:

- |                |                                    |
|----------------|------------------------------------|
| - mitoitusarvo | 40 t <sub>ClO<sub>2</sub></sub> /d |
| - tasearvo     | 30 t <sub>ClO<sub>2</sub></sub> /d |

Klooridioksidilaitoksen toiminta-arvot ovat seuraavat:

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| - valmistettava ClO <sub>2</sub> :n määrä    | 20 kg ClO <sub>2</sub> /ADt |
| - valmistuksen hyötysuhde                    | 92 %                        |
| - ClO <sub>2</sub> -liuoksen väkevyys        |                             |
| -- absorptiovesi 10 °C                       | 8,0 g/l                     |
| - ClO <sub>2</sub> -liuoksen klooripitoisuus | 0,32 g/l                    |
| - tuotettu Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   | 27 kg/ADt                   |

Tarvittavat kemikaalit ovat seuraavat:

- |                                  |              |             |
|----------------------------------|--------------|-------------|
| - NaClO <sub>3</sub>             | väk. 680 g/l | 32,8 kg/ADt |
| - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | väk. 93,0 %  | 8,4 kg/ADt  |
| - metanoli                       | väk. 100 %   | 3,0 kg/ADt  |

Muiden kemikaalimoduliin kuuluvien laitteiden mitoitus on esitetty liitteessä 3.

Valkaisun muiden kemikaalien kulutusluvut ovat seuraavat:

- |                                 |                |             |
|---------------------------------|----------------|-------------|
| - happi                         | väkevyys 100 % | 23,5 kg/ADt |
| - NaOH                          | väkevyys 100 % | 25,9 kg/ADt |
| - H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | väkevyys 100 % | 3,7 kg/ADt  |
| - SO <sub>2</sub> -vesi         | väkevyys 100 % | 4,0 kg/ADt  |
| - hapetettu lipeä               | väkevyys 100 % | 28,7 kg/ADt |
| - MgSO <sub>4</sub>             | väkevyys 90 %  | 3,2 kg/ADt  |

Kaikilla kemikaaleilla on joko laimennus tai liuotus sekä annostelupumppaus eri kohteisiin.

Kemikaalit raakaveden ja jäteveden käsittelyyn ovat seuraavat:

- aluna
- ferrosulfaatti
- CaO
- flokkauskemikaalit
- SO<sub>2</sub>-vesi
- urea

Muut kulutusluvut ovat seuraavat:

- sähkö 3,0 kWh/ADt
- lämpö 438 MJ/ADt
- jäähdytysvesi 4,24 m<sup>3</sup>/ADt
- kemiallinen vesi 6,0 m<sup>3</sup>/ADt

Klooripitoisten hajukaasujen keräily ja käsittely on esitetty kohdassa 3.3.17 "Hajukaasumoduli".

### 3.3.14 Raakavesimoduli

Raakavesimoduliin kuuluu pintaveden pumppaus välpältä ja suodatus kolmella eri suodattimella sekä raakaveden varastointi 1000 m<sup>3</sup>:n altaassa ja kahdessa 4000 m<sup>3</sup>:n tornissa.

Moduliin kuuluu myös veden kemiallinen käsittely ja hiekkasuodatus. Hiekkasuodattimelta lähtevä likainen vesi käsitellään lamelliselkeyttimellä ja selkeytetty vesi johdetaan takaisin hiekkasuodatuksen syöttövesisäiliöön. Rejektit johdetaan kanaaliin. Hiekkasuodattimia on 12 kpl.

Raakaveden rumpusuodatuksen jälkeen raakaveteen syötetään klooria ja se johdetaan 1000 m<sup>3</sup>:n raakavesialtaaseen.

Raakavesialtaan vedestä pääosa pumpataan raakavesitorneihin ja edelleen tehtaalle jäähdytyksiin ja muuhun käyttöön. Myös kemiallisen veden käsittelyyn menevä vesi saadaan tornista. Kemiallisesti puhtaalle vedelle on oma 1000 m<sup>3</sup>:n varastotorni, josta se pumpataan kuivatuskoneelle ja muualle sellutehtaalle.

Raakavesimoduliin on varattu paikka jäähdytysvesitornille, josta jäähdytetty vesi palautetaan raakavesialtaaseen. Lämmityskaudella suurin osa jäähdytysvesistä käytetään sali-ilman lämmitykseen.

Sellusammon vesitase on esitetty kuvassa 10. Sen pohjalta saadaan seuraava jaotelmä, missä on tasearvojen ohella esitetty myös mitoitusarvoja sekä energian ja kemikaalien kulutuslukuja.

Raakavesimodulin mitoitusarvot:

- raakavesi
- määrä 100000 m<sup>3</sup>/d
- tase 83770 m<sup>3</sup>/d eli 55,85 m<sup>3</sup>/ADt

|  |                         |
|--|-------------------------|
| - jäähdytysvesitarve   | 54300 m <sup>3</sup> /d |
| -- haihduttamo   | 45300 m <sup>3</sup> /d |
| -- biologinen puhdistus<br>(bakteerien elinkelpoisuuden varmistamiseksi lämpötilan<br>on oltava noin 35–40 °C) | 8000 m <sup>3</sup> /d  |
| -- muut  | 1000 m <sup>3</sup> /d  |
| - kemiallinen vesi   |                         |
| -- määrä   | 24000 m <sup>3</sup> /d |
| -- tase  | 13550 m <sup>3</sup> /d |
| - kuivatuskone   | 6480 m <sup>3</sup> /d  |
| - kemikaalien valmistus  | 5000 m <sup>3</sup> /d  |
| - kattilavesi  | 1550 m <sup>3</sup> /d  |
| - muut kohteet   | 430 m <sup>3</sup> /d   |
| - saniteettivesi   | 90 m <sup>3</sup> /d    |

Muut kulutusluvut:

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| - sähkö           | 27,0 kWh/ADt |
| - aluna ka. 88 %  | 0,38 kg/ADt  |
| - NaOH väk. 50 %  | 0,10 kg/ADt  |
| - kalkki ka. 90 % | 0,20 kg/ADt  |

### 3.3.15 Kattilavesimoduli

Kattilavesimoduliin kuuluu apukattilayksikön ja soodakattilan lisäveden ja lauh-  
teiden käsittely.

Suolanpoistolaitoksella on kaksi linjaa, joista toinen on varalla. Kattiloiden tarvitsema lisävesi pumpataan kemiallisen veden valmistuksesta kattila-  
vesimoduliin, jossa se kationinvaihdon, anioninvaihdon ja pehmenyysuodatuksen  
jälkeen johdetaan suolattoman veden säiliöön ja pumpataan edelleen kattiloille.  
Sellutehtaan ja paperitehtaan lauhde kerätään lauhdeiden keräilyssäiliöön, josta se  
pumpataan Precoat-suodattimille ja kationinvaihtajille. Lauhteenkäsittelyn jälkeen  
lauhde pumpataan kattiloiden syöttövesisäiliöihin.

Perusteet kattilavesimodulin mitoitukseen on esitetty liitteessä 4. Kattilavesimoduli  
on mitoitettu seuraavasti.

Täyssuolanpoisto:

|                |                        |
|----------------|------------------------|
| - mitoitusarvo | 3630 m <sup>3</sup> /d |
| - tasearvo     | 1555 m <sup>3</sup> /d |

Lauhteidenkäsittely:

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| - mitoitusarvo | 13400 m <sup>3</sup> /d |
| - tasearvo     | 12100 m <sup>3</sup> /d |

Kaasunpoisto:

|                |                         |
|----------------|-------------------------|
| - mitoitusarvo | 13400 m <sup>3</sup> /d |
| - tasearvo     | 12100 m <sup>3</sup> /d |

**SELLUSAMPO  
JÄÄHDYTYS- JA  
PROSESSIVESI  
100 000 m<sup>3</sup>/d**

Kuva 10. Sellusammon vesitase.

Suolanpoistossa tarvittavat kemikaalit:

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| – NaOH                           | 1,1 kg/ADt |
| – H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 1,5 kg/ADt |
| – NaCl                           | 0,8 kg/ADt |

### 3.3.16 Jätevesimoduli

Sellusammon kaikki prosessijätevedet puhdistetaan biologisesti ennen vesistöön johtamista. Jätevedet koostuvat kolmesta pääjakeesta, happamat ja alkaalipitoiset jätevedet sekä muut kirkassuodokset, joilla on erilainen esikäsittely ennen biologista vaihetta. Biologiseen laitokseen kuuluvat syväilmastusreaktorit, flokkaus-suodatus ja ultrasuodatus.

Sellusammon jäteveden käsittely on esitetty kuvassa 11.

#### *Alkalisuodos*

Valkaisimon EOP-vaiheesta muodostuvan alkalisuodoksen sisältämät kuidut poistetaan rumpusuodattimella. Rumpusuodattimen huuhtelussa muodostunut kuitusakka pumpataan lietesäiliöön. Rumpusuodattimen suodos johdetaan ultrasuodatuksen pumppaussäiliöön.

Ultrasuodatuksessa erotellaan alkalisuodoksen sisältämiä orgaanisia yhdisteitä, jotka aiheuttavat BOD- ja COD-kuormaa. Osa yhdisteistä on myrkyllisiä tai värillisiä: myös alkalisuodoksen AOX- ja väripitoisuus pienenee. Ultrasuodatukseen tuleva vesi jakautuu puhdistuksessa kahteen jakeeseen: permeaattiin, joka on suodatuskalvon läpi mennyt puhdistunut ja tilavuudeltaan suurempi jae sekä konsentraattiin, johon jäävät suspendoituneet aineet, kolloidit, kuidut sekä suurimolekyyliset yhdisteet. Permeaatti johdetaan tasausaltaan kautta biologiseen puhdistukseen. Konsentraatti johdetaan konsentraattisäiliöön, josta se pumpataan laihamustali-peäsäiliöön.

#### *Hapansuodos*

Klooridioksidivalkaisun ensimmäisestä ClO<sub>2</sub>-vaiheesta muodostuva hapansuodos sisältää suspendoituneita aineita, kolloideja ja kuituainesta. Hapansuodos johdetaan keräilysäiliön ja lamelliselkeyttimen kautta tasausaltaaseen. Tasausaltaan jälkeen hapansuodoksen BOD-, COD- ja AOX-kuormaa vähennetään biologisella puhdistuksella.

#### *Muut jätevedet*

Muut jätevedet muodostuvat Sellusammossa lähinnä kemikaalien käsittelystä. Sekundäärivedet keräillään ja kierrätetään takaisin tehtaalle tehdasvedeksi, mutta ylimäärä johdetaan jätevedenpuhdistukseen tasausaltaaseen.

#### *Biologinen puhdistus*

Jätevesijakeet kerätään tasausaltaaseen, jota ennen suoritetaan pH:n säätö sekä tarvittaessa ravinteiden lisäys. Neutralointi suoritetaan sammuttamattomalla kalkilla, tarvittaessa voidaan käyttää myös rikkihappoa. Ravinteena syötetään fosforia fosforihappona ja typeä ureana. Lämpötila lasketaan biologisen vaiheen vaatimaan 37 °C:een lämmönvaihtimessa.



Jätevesimodulin lämpötilan säätöön käytettävä jäähdytysvesi pumpataan tasaustaan lämmönvaihtimelle raakaveden varastotorneista. Jäähdytysvesimäärä on  $5,3 \text{ m}^3/\text{ADt}$ .

Jäteveden ilmastus suoritetaan syväilmastusreaktoreilla. Syväilmastuksesta vesi johdetaan flotaatioselkeytykselle, jossa bioliete erotetaan jätevedestä. Flotaatiossa liete nostetaan altaan pinnalle ilmakuplien avulla. Ilmakuplat muodostuvat, kun ylipaineessa veteen liuotettu ilma vapautuu purkautuessaan suuttimista.

Dispersiovesi valmistetaan pumppaamalla dispersiovesisäiliöön flotatoitua vettä ja syöttämällä paineilmaa kompressorilla. Flotatoitu vesi pumpataan jälkikäsittelyyn hiekkasuotimille. Bioliete pumpataan ruuvipumpuilla takaisin ilmastukseen ja ylijäämäliete lietesäiliöön.

#### *Jälkikäsittely suodattamalla*

Flotatoidussa vedessä on edelleen pieniä hiukkasia, jotka eivät ole erottuneet flotaatiossa. Hiukkasia poistetaan edelleen pumppaamalla flotaation kirkaste hiekkasuodattimien läpi. Hiekkasuodattimet puhdistetaan vastavirtapesuperiaateella. Hiekkasuodatettu vesi kerätään kirkassuodossäiliöön. Kirkassuodoksesta osa käytetään sellutehtaan kuorimolla ja tiivistevesijärjestelmässä. Ylijäämä johdetaan mittauksen kautta ulos tehtaalta vesistöön.

#### *Lietteen käsittely*

Alkalisuodoksen rumpusuodatuksessa muodostuva kuitusakka, flotaatiossa erotettu ylimääräinen bioliete sekä lamelliselkeyttimen liete johdetaan lietesäiliöön. Lietesäiliöön otetaan myös tärysihdin rejekti. Lietesäiliössä eri lietejakeet sekoitetaan ennen ruuvipuristimelle pumppausta. Ruuvipuristimella liete puristetaan noin 45 % kuiva-ainepitoisuuteen. Puristimella varaudutaan myös höyryn käyttöön. Kuivattu liete kuljetetaan polttoon. Puristuksessa erotettu vesi johdetaan takaisin tasaustaltaaseen.

#### *Varoaltaat*

Sellusampo-rakennuksen ulkopuolelle on sijoitettu kaksi  $10000 \text{ m}^3$ :n varoallasta joihin säiliöiden ja laitteiden mahdolliset ylivuodot voidaan johtaa jätevesikanaleista. Varoaltaihin kerätyt ylivuodot pumpataan biologiseen puhdistukseen.

Jätevesien kuormitus- ja mitoitusarvot:

|                  |   |
|------------------|---|
| - jätevesi       | 65000 $\text{m}^3/\text{d}$ ( $43,3 \text{ m}^3/\text{ADt}$ ) |
| - kiintoaine     | 36,7 $\text{kg}/\text{ADt}$                                   |
| - $\text{BOD}_7$ | 25 $\text{kg}/\text{ADt}$                                     |

Jätevedenkäsittelyyn tulevat määrät:

|                  |   |
|------------------|---|
| - jätevesi       | 43500 $\text{m}^3/\text{d}$ ( $29 \text{ m}^3/\text{ADt}$ ) |
| - kiintoaine     | 20,8 $\text{kg}/\text{ADt}$                                 |
| - $\text{BOD}_7$ | 15 $\text{kg}/\text{ADt}$                                   |
| - COD            | 50 $\text{kg}/\text{ADt}$                                   |
| - TOC            | 1,6 $\text{kg}/\text{ADt}$                                  |
| - typpi          | 0,2 $\text{kg}/\text{ADt}$                                  |
| - fosfori        | 0,03 $\text{kg}/\text{ADt}$                                 |

|           |             |
|-----------|-------------|
| - väri    | 150 kg/ADt  |
| - rikki   | 3,38 kg/ADt |
| - natrium | 7,2 kg/ADt  |

Jätevesikuormitus vesistöön:

|                    |               |                          |
|--------------------|---------------|--------------------------|
| - kirkaste         |               |                          |
| maks. määrä        |               | 29,0 m³/ADt              |
| norm. määrä        |               | 19,7 m³/ADt              |
| - kiintoaine       | reduktio 99 % | 0,18 kg/ADt              |
| - BOD <sub>7</sub> | reduktio 90 % | 1,5 kg/ADt               |
| - COD              | reduktio 50 % | 25 kg/ADt                |
| - TOC              | reduktio 50 % | 0,8 kg/ADt               |
| - fosfori          | lisäys 20 %   | 0,036 kg/ADt (1,83 mg/l) |
| - typpi            |               | 0,2 kg/ADt               |
| - väri             | reduktio 90 % | 15 kg/ADt                |
| - rikki            | reduktio 15 % | 1,72 kg/ADt              |
| - natrium          | reduktio 15 % | 2,46 kg/ADt              |
| - pH               |               | 6,5–7,5                  |
| - lämpötila        |               | 37°C                     |

Tarvittavat kemikaalit:

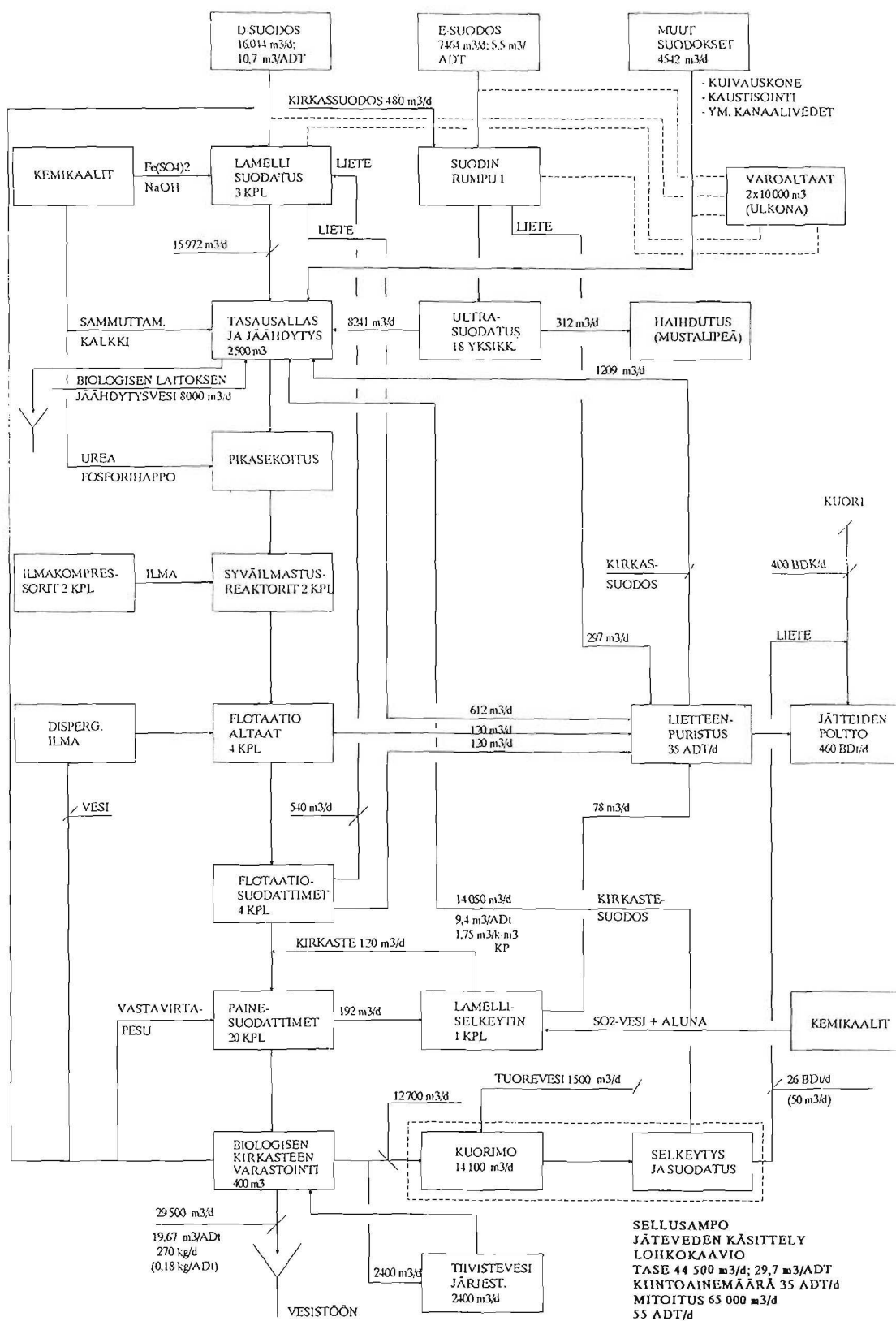
|                  |                 |             |
|------------------|-----------------|-------------|
| - kalkki         | kuiva-aine 90 % | 0,87 kg/ADt |
| - ferrosulfaatti | väkevyys 50 %   | 0,3 kg/ADt  |
| - urea           | kuiva-aine 88 % | 1,9 kg/ADt  |
| - fosfori        | väkevyys 50 %   | 0,29 kg/ADt |

Jäähdytysvesitarve

5,33 m³/ADt

Sähkönkulutus

35 kWh/ADt



Kuva 11. Sellusammon jätevedenkäsittely

### 3.3.17 Hajukaasumoduli

Sellutehtaassa syntyy pahanhajuisia hajurikkipäästöjä. Sulfaattihajun aiheuttavat pääosin ns. pelkistyneet rikkiyhdisteet, joista haitallisimmat ovat rikkivety, metyy-limerkptaani, dimetyylisulfidi ja dimetyylidisulfidi. Sellusammossa on pyritty estämään hajupäästöt ilmatilaan keräämällä hajukaasut ja käsittelemällä ne hallitus-ti.

Hajukaasut on jaettu kolmeen luokkaan; väkeviin, laimeisiin ja klooripitoisiin hajukaasuihin. Jako väkeviin ja laimeisiin hajukaasuihin on tehty kaasuvirtausten erilaisten ominaisuuksien mm. räjähdysrajojen vuoksi. Väkevät ja laimeat haju-kaasut keräillään erillisillä putkistoilla, ja ne johdetaan apukattilaan poltettaviksi. Klooripitoiset hajukaasut käsitellään erikseen. Ne kerätään putkistolla, pestään pesureissa alkaliliuoksella ja johdetaan ulos. Klooripitoisia kaasuja ei johdeta polttoon kattilan korroosiovaaran vuoksi. Alla on eritelty eri luokkien kaasuvir-taukset ja keräyskohteet.

Keräys- ja käsittelyjärjestelmän mitoitusarvot väkeville hajukaasuille

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| Kaasuvirtaukset yhteensä | 2630 Nm <sup>3</sup> /h |
| sisältäen kaasut         |                         |

- likaisista sekundäärilauhteista
- mustalipeän lämpökäsittelystä
- tyhjökaivosta
- metanolin nesteytyksestä
- tärpätin erotuksesta

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| Kaasujen happamuus             | pH 7-9         |
| Kaasujen lämpötila             | 40-90°C        |
| Kaasujen hävityksen hyötysuhde | 99 % vähintään |

Haihduttamolta kerätään talteen hajukaasut likaisista sekundäärilauhteista, mus-talipeän lämpökäsittelystä, tyhjökaivosta ja metanolin nesteytyssäiliöstä. Näistä kerättävä kaasumäärä on yhteensä 0,7 Nm<sup>3</sup>/s. Lisäksi kerätään hajukaasuja tärpätin erotussykloonasta. Siitä saatava kaasumäärä 0,03 Nm<sup>3</sup>/s. Haihduttamolta kerättävät väkevät hajukaasut kerätään vesilukkoon, josta ne johdetaan höyryjektorijärjes-telmällä apukattilaan poltettavaksi. Käsittelyjärjestelmä tehdään ilmatiiviiksi.

Keräys- ja käsittelyjärjestelmän mitoitusarvot laimeille hajukaasuille

|                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| Kaasuvirtaukset yhteensä | 31660 Nm <sup>3</sup> /h |
| sisältäen kaasut         |                          |

- haihduttamon säiliöistä
- kaustisoinnista
- keitosta ja pesusta
- oksanerottelusta ja lajittelusta
- happidelignifioinnista
- jätevesien käsittelystä

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| Kaasujen happamuus         | pH 6-9   |
| Kaasujen lämpötila         | 5-50°C   |
| Kaasujen hävityshyötysuhde | 50-100 % |

Haihduttamolta kerätään laimeita hajukaasuja vahva- ja heikkomustalipeäsäiliöstä sekä sekundäärilauhde-, välilipeä- ja suopasäiliöstä. Kaustisoinnista kerätään talteen hajukaasut säiliöalueelta, viherlipeselkeyttimestä sekä meesa- ja sakkasuotimesta. Kaustisoinnista kerättävä hajukaasumäärä on 2,2 Nm<sup>3</sup>/s. Keittämöstä ja pesemöstä kerätään hajukaasut talteen puskusäiliöstä, painediffusöörin suodos-säiliöstä ja oksasiilosta. Keittämöstä ja pesemöstä kerättävä määrä on 1,1 Nm<sup>3</sup>/s. Oksanerottelusta ja lajittelusta kerätään hajukaasuja suodosvesisäiliöstä, pesusaostimista ja keräilyssäiliöstä. Kerättävä määrä on 0,95 Nm<sup>3</sup>/s. Happidelignifioinnissa kerätään hajukaasuja talteen valkolipeän hapetusreaktorista, ruskeamassatorneilta, säteisdiffusööriltä, suodossäiliöstä ja happireaktorin puskusäiliöstä. Kerättävä kaasumäärä on 1,4 Nm<sup>3</sup>/s. Jätevesien käsittelystä kerätään kaasuja talteen rumpusuotimelta, syväilmastusreaktoreilta, lamelliselkeyttimiltä, lietesäiliöstä ja dispersiosäiliöstä. Kerättävä kaasumäärä on 1,1 Nm<sup>3</sup>/s.

Kaikki kerättävät laimeat hajukaasut viedään apukattilaan poltettavaksi. Apukattilan savukaasut puhdistetaan sähkösuotimella. Apukattilayksikköön kuuluu myös hajukaasujen varapoltto.

Keräily- ja käsittelyjärjestelmän mitoitusarvot klooripitoisille hajukaasuille  
Kaasuvirtauksia ovat:

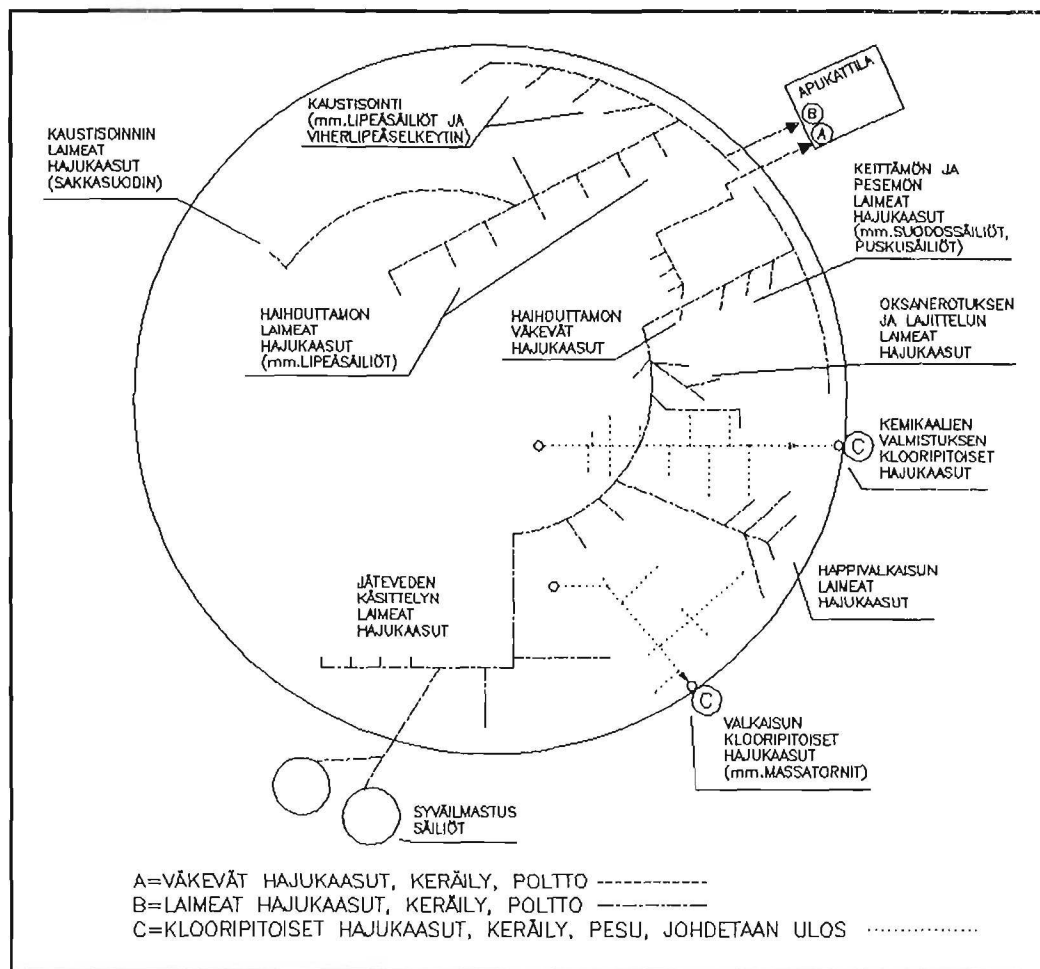
|  |                          |
|--|--------------------------|
| – valkaisussa syntyvät kaasuvirtaukset                                 | 3600 Nm <sup>3</sup> /h  |
| – kemikaalien valmistuksessa syntyvät kaasuvirtaukset                  | 13860 Nm <sup>3</sup> /h |
| – rakennuksen putkistotunnelien poistoilman sisältämät kaasuvirtaukset | 28800 Nm <sup>3</sup> /h |

Valkaisussa syntyvät klooripitoiset hajukaasut kerätään ja käsitellään omalla järjestelmällään ja kemikaalien valmistuksessa syntyvät hajukaasut omalla järjestelmällään. Osa putkistotunnelien poistoilmasta johdetaan valkaisun ja osa kemikaalien valmistuksen keräilyjärjestelmän kautta käsiteltäväksi.

Valkaisusta kerätään klooripitoisia kaasuja difuusööreistä, suodossäiliöistä ja tasaussäiliöistä. Osa putkistotunnelien poistoilmasta johdetaan samaan pesuriin valkaisun klooripitoisten kaasujen kanssa. Klooripitoiset kaasut pestään alkalivaiheen suodoksella ja johdetaan ulos.

Kemikaalien valmistuksesta kerätään klooripitoisia kaasuja kemikaalisäiliöstä ja ClO<sub>2</sub>-imeytystornista ja ClO<sub>2</sub>-reaktorista perusrille. lisäksi osa putkistotunnelien poistoilmasta johdetaan samaan pesuriin kemikaalien valmistuksen klooripitoisten kaasujen kanssa. Klooripitoiset kaasut pestään alkaliliuoksella ja johdetaan ulos. Pesuvesi johdetaan jätevedenkäsittelyyn.

Sellusammon hajukaasujen keräilyssä päästään lyhyempiin putkipituuksiin kuin perinteisessä sellutehtaassa. Tekniset ratkaisut ovat muuten samanlaisia kuin perinteisessä tehtaassa. Kuvassa 12 on esitetty Sellusammon layout-kuva, jossa on esitetty hajukaasuputkistojen kanavistoreitit.



Kuva 12. Sellusammon hajukaasujen keräilykanavistot.

### 3.3.18 Jätteidenpolttomoduli

Jätteidenpolttomoduliin kuuluu apukattilayksikkö, jossa poltetaan sellunvalmistusprosessissa syntyvät jätteet ja hajukaasut. Apukattilayksikköön sisältyy myös hajukaasujen varapoltto.

Apukattilayksikön polttoainetehto on 103,6 MW. Sen polttoaineina ovat:

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| - kuori               | 400 t/d, kuiva-aine 100 % |
| - kuoriliete          | 26 t/d, kuiva-aine 100 %  |
| - bioliete + rejekti  | 33 t/d, kuiva-aine 100 %  |
| - suopa               | 54 t/d                    |
| - tärpähti            | 7,5 t/d                   |
| - metanoli            | 13,5 t/d                  |
| - hajukaasut, väkevät | 0,73 m <sup>3</sup> /s    |

Apukattilayksikön palamisilmana käytetään prosessista kerättyjä laimeita hajukaasuja sekä lisäksi ilmaa kattilarakennuksen yläosasta.

Kaikki Sellusammon prosesseista syntyvät rikki-pitoiset hajukaasut kerätään ja johdetaan poltettavaksi apukattilayksikköön. Apukattilayksikköön syötettyjen aineiden kokonaisrikkikalsium- ja kokonaisrikkinatriumsuhteet ovat sellaiset, ettei rikkipäästöjä synny. Hiukkaspäästöjen suhteen apukattilayksikön sähkösuodattimen erotusaste on vähintään 95 %.

Poltettavalla jätemäärällä kattilaveteen siirtyy lämpöä 88,1 MJ/s. Tuorehöyryn arvoilla ( $p = 8,30 \text{ MPa}_a$ ,  $t = 480 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ja syöttöveden lämpötilan ollessa  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  apukattilayksiköstä saadaan höyryä 30,5 kg/s. Höyry johdetaan väliottovastapaine- ja lauhdeturpiineille.

Apukattilayksikön sähkönkulutus on 20 kWh/ADt ja lämmönkulutus on 288 MJ/ADt.

### 3.3.19 Turpiini- ja höyrynjakelumoduli

Moduliin kuuluvat vastapaine- ja lauhdeturpiinit generaattoreineen sekä höyryn jakelu. Vastapaineturpiinin höyryllä katetaan sellutehtaan ja integroidun paperitehtaan lämmöntarve. Ylimäärä lämpö johdetaan lauhdeturpiinille mahdollisimman suuren sähköntuotannon saavuttamiseksi. Sellusammossa lauhdeturpiinin investointikustannukset ovat noin 1150 mk/kW.

Soodakattilalla ja apukattilayksikössä tuotettu korkeapainehöyry ( $83 \text{ bar}(a)$ ,  $480 \text{ }^\circ\text{C}$ ) johdetaan turpiineille. Vastapaineturpiinilla höyryn paine alennetaan  $3,7 \text{ bar}(a)$ :in vastapaineeseen. Turpiinin väliotto on paineessa  $11,7 \text{ bar}(a)$  ja väliottoa voidaan säätää. Vastapainehöyryn ja väliottohöyryn lämpötilaa säädetään jäähdytysvesiruis-kutuksella. Tämän jälkeen höyryt johdetaan höyryn jakotukkeihin. Vastapaineturpiini voidaan tarvittaessa ohittaa paineenalennusventtiilien kautta.

Väliottohöyry, vastapainehöyry ja generaattoreiden tuottama sähkö käytetään prosessiin sellutehtaalla ja integroidulla paperitehtaalla. Ylimääräsähkö myydään valtakunnan verkkoon. Sellusammon voimalaitoskaavio on esitetty kuvassa 13.

Teknisiä tietoja turpiineista:

#### *Vastapaineturpiini*

|            |  |
|------------|--|
| tuorehöyry | $p = 8,30 \text{ MPa}_a$<br>$t = 480 \text{ }^\circ\text{C}$<br>$h = 3350 \text{ kJ/kg}$ |
| väliotto   | $p = 1,17 \text{ MPa}_a$<br>$h = 2960 \text{ kJ/kg}$<br>rakennussuhde 0,13 Ws/J          |
| vastapaine | $p = 0,37 \text{ MPa}_a$<br>$h = 2780 \text{ kJ/kg}$<br>rakennussuhde 0,20 Ws/J          |
| akseliteho | 60 MW  |

*Lauhdeturpiini*

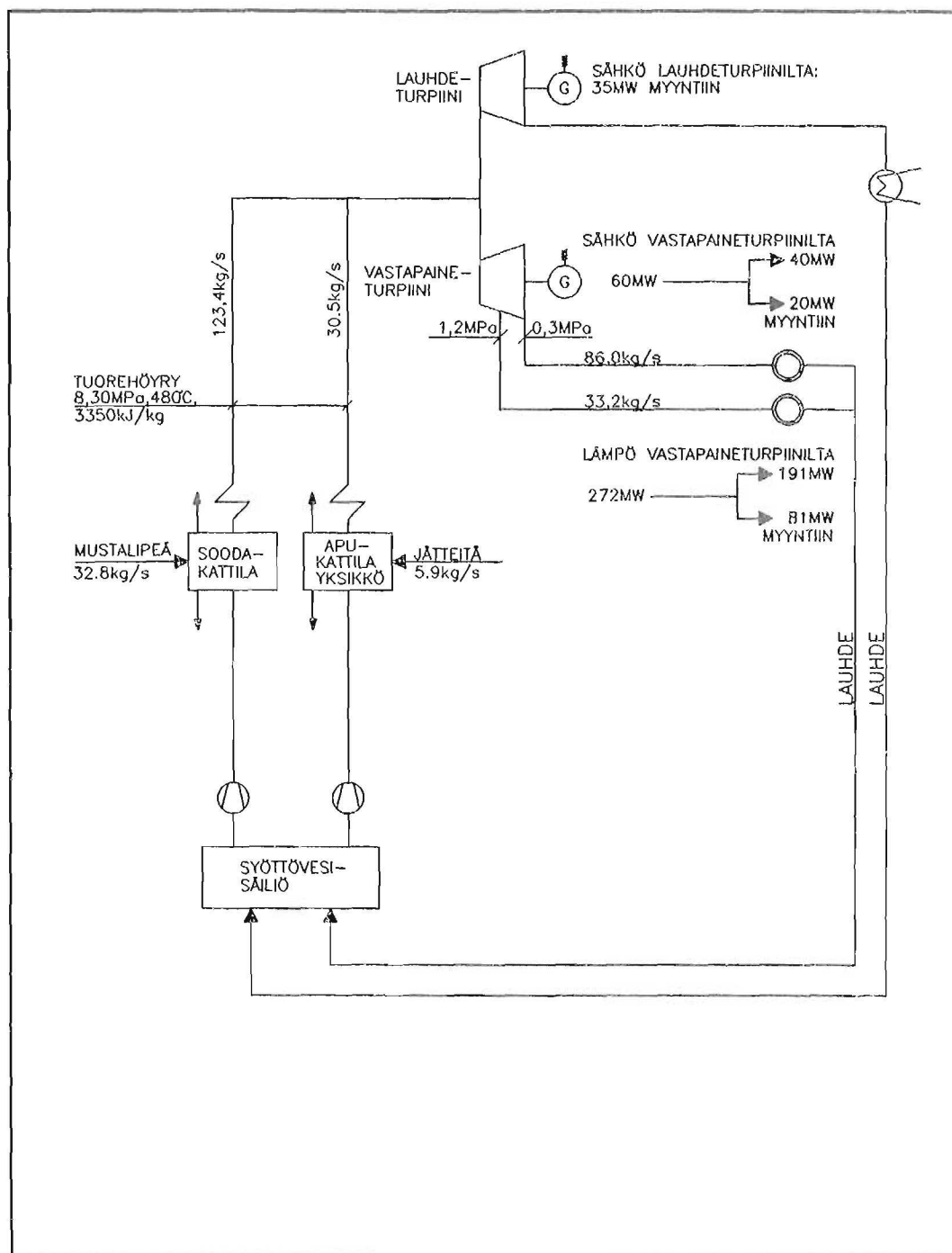
tuorehöyry

 $p = 8,30 \text{ MPa}_a$  $t = 480 \text{ }^\circ\text{C}$  $h = 3350 \text{ kJ/kg}$ 

prosessihyötysuhde 33 %

lauhteenpalautus 100 %

akseliteho 35 MW



Kuva 13. Sellusammon voimalaitoskaavio.



### 3.3.20 Paineilmamoduli

Paineilmamoduliin kuuluu sellutehtaan työ- ja instrumentti-ilman valmistus ja varastointi paineakkuihin.

Paineilmakeskuksen mitoitus:

|                         |                |                          |
|-------------------------|----------------|--------------------------|
| - mitoitusarvo yhteensä |                | 140 Nm <sup>3</sup> /min |
| - työilma               | normaali tarve | 30 Nm <sup>3</sup> /min  |
| - instrumentti-ilma     | normaali tarve | 50 Nm <sup>3</sup> /min  |

### 3.3.21 Paperitehdasmoduli

Sellusampomalliin on liitetty paperitehdas, jonka kapasiteetti on noin 270000 tonnia vuodessa. Paperikoneella valmistetaan pintaliimattua pohjapaperia tai hienopaperia. Hienopaperi johdetaan pituusleikkauksen kautta pakkaamoon. Pohjapaperi siirretään välirullauksen kautta päällystyskoneelle. Päällystyskoneella paperi kaksoispäällystetään, jonka jälkeen se käsitellään joko superkalanterilla tai mattakalanterilla ja pituusleikataan. Osa tuotannosta arkitetaan arkittamalla. Tämän jälkeen paperi pakataan ja varastoidaan rullina tai arkkeina tuotevarastoon, josta se toimitetaan asiakkaille.

Paperitehdasmoduli koostuu seuraavista osista:

- massan, pigmenttien ja lisäaineiden käsittely
- kiertoveden ja hylyn käsittely
- paperikone laitteineen
- päällystyskone laitteineen
- jälkikäsittelylaitteet
- arkittamo
- tuotevarasto
- tehdasalue, yhteiset putkistot ja järjestelmät
- aputoiminnot ja osastot

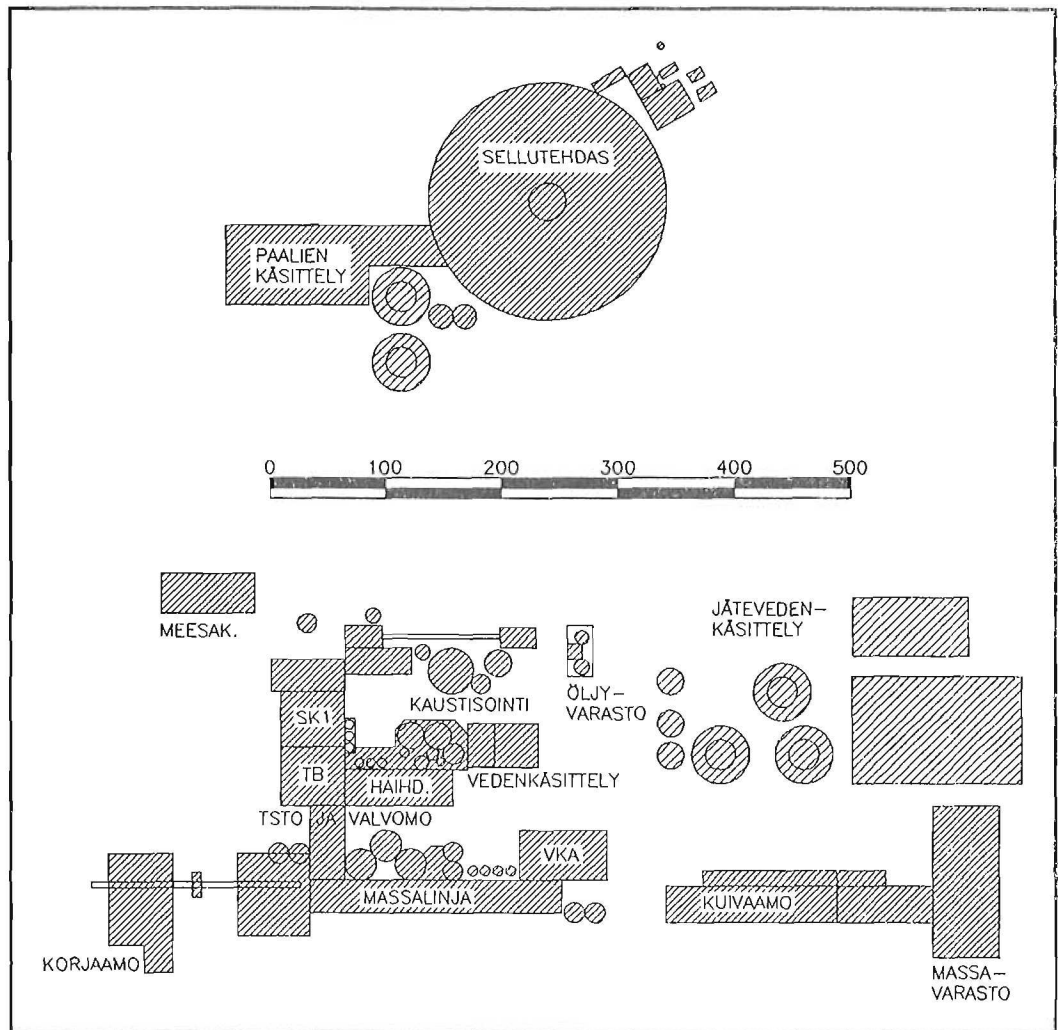
## 4 SELLUSAMMON JA PERINTEISEN RATKAISUN VERTAILUJA

### 4.1 Layout

Oheisessa kuvassa 14 on verrattu esisuunnitteluvaiheessa olevan nykytekniikan mukaisen suomalaisen sellutehtaan asemakaavaa Sellusampoon. Asemakaavojen tehokkuutta voidaan kuvata tunnusluvulla, jossa sellutehtaan vuosituotanto on jaettu sellutehtaan vaatimalla pinta-alalla (ilman puunkäsittelyä). Perinteisissä tehtaissa tunnusluvut vaihtelevat välillä 1 – 3 sellutonna/m<sup>3</sup>, vuosi. Sellusammon vastaava vertailuluku on noin 10 sellutonna/m<sup>2</sup>, vuosi.

Tiiviin, keskitetyn layoutin ansiosta Sellusampomallilla saavutetaan useita etuja verrattuna nykytekniikan mukaisiin "hajautettuihin" layout-ratkaisuihin.

Keskitetyn valvomon avulla voidaan parantaa tiedonkulkua osaprosessien välillä ja tehostaa valvontaa.



Kuva 14. Sellusammon ja esisuunnitteluvaiheessa olevan nykytekniikan mukaisen suomalaisen sellutehtaan asemakaavat.

Sellusammonsa putkistot ovat lyhyemmät eikä ulkopuolisia putkisiltoja tarvita, jolloin saavutetaan säästöjä hankintakustannuksissa. Sähkönkulutuksessa saavutetaan säästöjä lyhyempien pumppausetäisyyksien ansiosta.

Säiliöiden ja putkistojen lämpöeristykset voidaan pääosin jättää pois.

Hajukaasujen keräilykustannukset ovat lyhyempien kanavistojen ansiosta alhaisemmat kuin nykytekniikan mukaisissa tehtaissa. Ilmapäästöjen kontrollointi on Sellusammon katetun prosessin ansiosta helpommin järjestettävissä kuin nykytekniikan mukaisissa tehtaissa.

Sellusammonsa kunnossapito on helpompaa, koska kaikki työt tehdään sisätiloissa ja välimatkat korjaamolle ovat lyhyet.

Kunnossapidon henkilökunta voidaan kouluttaa työskentelemään kaikilla osastoilla.

Käyttöhenkilökunta voidaan kouluttaa siten, että kaikkien osastojen vastaavat osaavat käyttää kaikkia osaprosesseja.

Nostureita tarvitaan vähemmän kuin nykytekniikan mukaisissa tehtaissa, jolloin saavutetaan hankintakustannussäästöjä.

Keskitettyjen toimisto- ja sosiaali tilojen ansiosta saavutetaan säästöjä rakennuskustannuksissa.

## 4.2 Prosessit

Sellusampomalliin ja vertailuperustana käytettyyn nykytekniikan mukaiseen sellutehtaaseen valittiin pääosin samat laitteet, jotka edustavat uusinta, kaupallisella tasolla olevaa teknologiaa. Merkittäviä eroja on lajittelussa, valkaisussa, jätevedenkäsittelyssä ja jätteidenpoltossa. Sellusammon lajittelussa ei ole rejektinjauhatusta eikä -lajittelua. Sellusammon ei ole jälkilajittelua valkaisun jälkeen. Sellusammon valkaisu prosessi on kolmivaiheinen dioksidivalkaisu (D, EOP, D), kun vertailu prosessiin on valittu neljä vaihetta (D, EOP, D, D). Sellusammon jätevedenkäsittely sisältää nykytehtaasta poiketen ultrasuodatuksen ja syväilmastuksen. Lisäksi Sellusammon on kirkkaalle suodokselle painehiekkasuodatus. Sellusammon tuotekehitysasteella olevassa apukattilayksikössä poltetaan nykytekniikasta poiketen myös suopa ja tärpähti.

Sellusammon ja nykytekniikan prosessivalinnoista aiheutuvat investointikustannuserot on esitetty kohdassa 4.3. Prosessivalintojen aiheuttamat erot sähkönkulutuksessa on esitetty kohdassa 4.4.1. Jätevesipäästöjen osalta Sellusammon ja nykytekniikan erot on esitetty kohdassa 4.5.2.

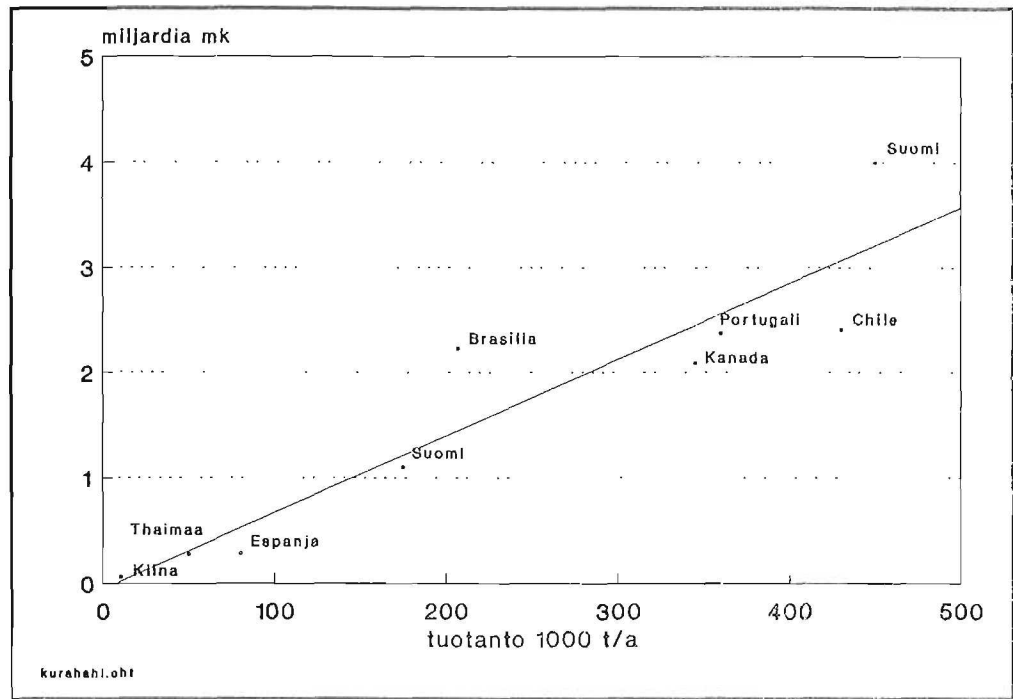
Sellusampomallin prosesseja on verrattu nykytekniikan mukaisiin prosessiratkaisuihin liitteessä 2.

## 4.3 Hankintakustannukset

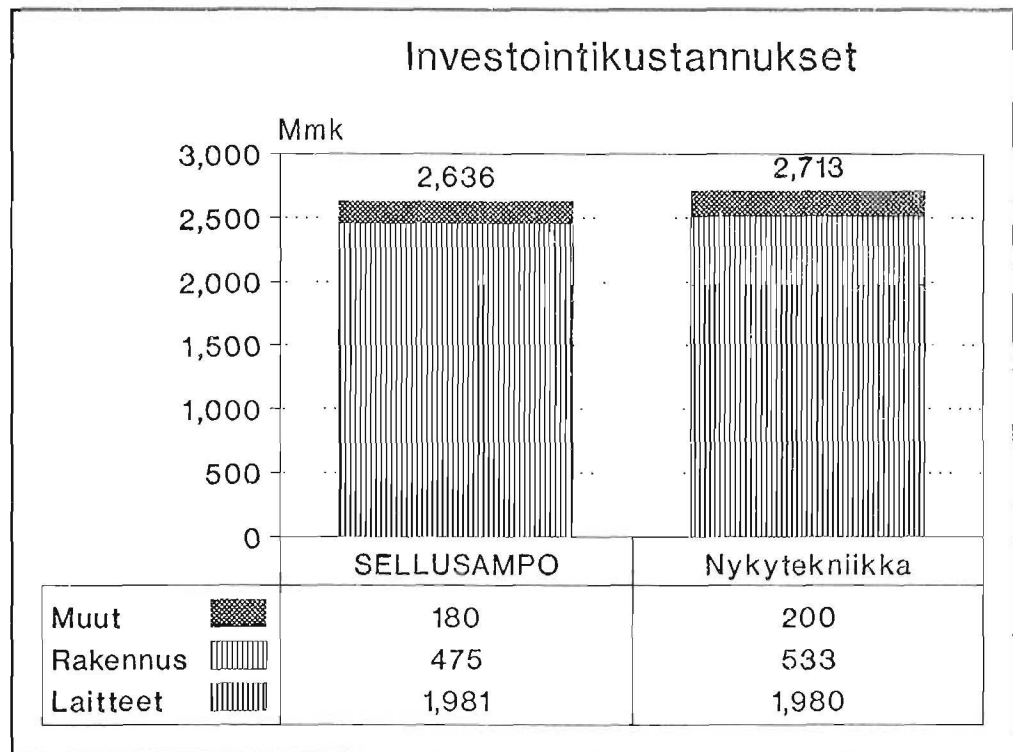
Kuvassa 15 on esitetty esisuunnitteluvaiheessa olevien uusien sellutehtaiden arvioituja hankintakustannuksia.

Kuvassa 16 on esitetty liitteessä 5 määriteltyjen Sellusammon ja nykytekniikan mukaisen sellutehtaan investointikustannukset. Hinnat perustuvat budjettitason tarjouksiin sekä toteutuneisiin projekteihin.

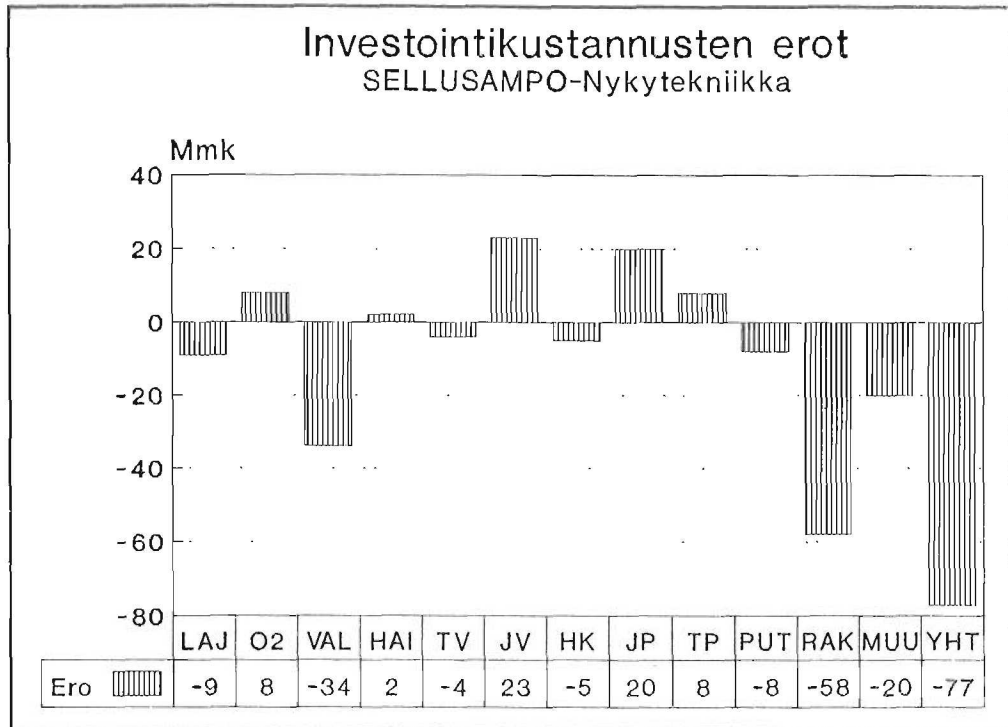
Sellusammon ja nykytekniikan investointikustannusten erot on esitetty kuvassa 17.



Kuva 15. Esisuunnitteluvaiheessa olevien sellutehtaiden arvioituja hankintakustannuksia.



Kuva 16. Sellusammon ja nykytekniikan mukaisen sellutehtaan investointikustannukset. Rakennukset, koneet ja laitteet asennettuina ilman liikevaihtoveroa. Kustannustaso helmikuu 1992.



LAJ = lajittelu                      O2 = happidelignifiointi                      VAL = valkaisu  
 HAI = haihduttamo                      TV = raakavesi                      JV = jätevedenkäsittely  
 HK = hajukaasu                      JP = jätteidenpoltto                      TP = turpiinit ja höyrynjakelu  
 PUT = osastojen väliset putkistot                      RAK = rakennus  
 MUU = muut kustannukset                      YHT = yhteensä

Kuva 17. Sellusammon ja nykytekniikan investointikustannusten erot.

Sellusammon investointikustannukset ovat siis noin 77 miljoonaa markkaa (3 %) alaisemmat kuin nykytekniikan mukaisen tehtaan.

## 4.4 Käyttökustannukset

### 4.4.1 Energia

Vertailukohteena seuraavissa laskelmissa on käytetty nykytekniikalla Suomessa toteutettua vastaavankokoista sellutehdasta. Sellusammossa saadaan myyntiin 204 kWh/ADt enemmän sähköä kuin vertailukohteessa. Tämä ero saavutetaan apukattilayksikön suuremman lämmöntuotannon, haihduttamon pienemmän lämmönkulutuksen ja koko tehtaan pienemmän sähkönkulutuksen ansiosta. Ulosmyytävän lämmön määrä on Sellusammossa ja nykytekniikassa sama. Käytännössä myytävä lämpö menee paperitehtaan tarpeisiin. Yksityiskohtaiset perusteet energiataseiden eroavaisuuksiin on esitetty liitteessä 6.

Taulukko 1. Sellusammon ja nykytekniikan energiataseiden yhteenveto.

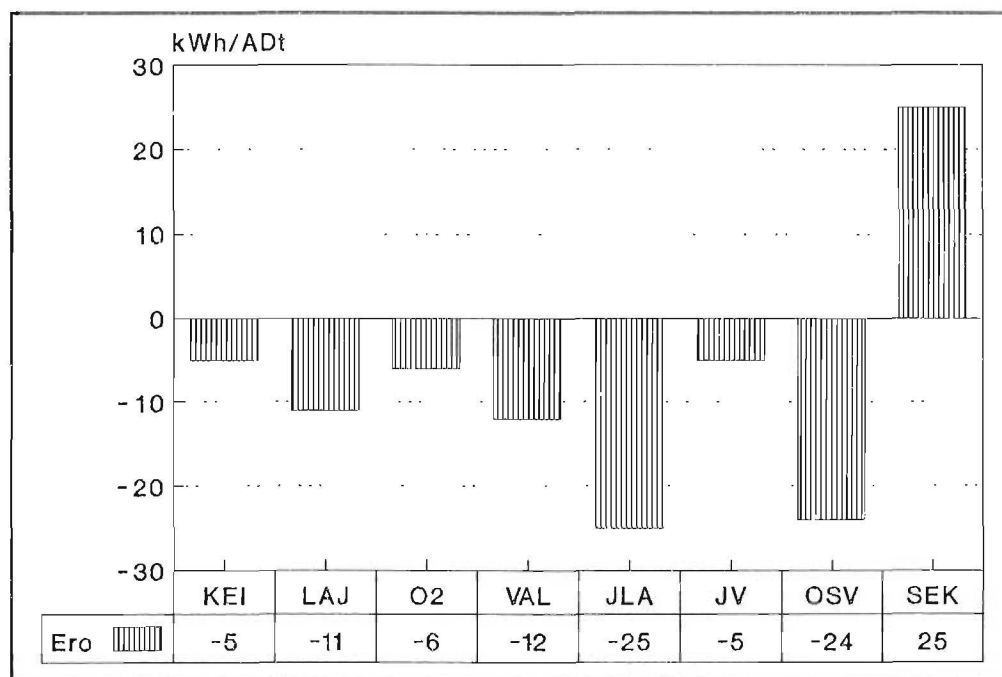
|  | Sellusampo | Nykytekniikka |
|--|------------|---------------|
| Lämmönkulutus [MJ/ADt]                                       | 11059      | 12378         |
| Lämmön myynti [MJ/ADt]                                       | 4689       | 4689          |
| Sähkönkulutus [kWh/ADt]                                      | 644        | 707           |
| Sähkön myynti [kWh/ADt]                                      | 878        | 674           |
| Sähkön myyntitulot [milj.mk/a]<br>sähkön hinnalla 150 mk/MWh | 69,17      | 53,05         |

*Lämmönkulutus*

Sellusampo eroaa lämmönkulutuksessa nykytekniikalla toteutetusta tehtaasta ainoastaan haihduttamon osalta. Haihduttamon lämmönkulutus putoaa Sellusamossa käytetyn ratkaisun ansiosta 31 %. Vuoden aikana haihduttamossa säästetään lämpöä 761775 GJ.

*Sähkönkulutus*

Sellusammon erot sähkönkulutuksen osalta nykytekniikkaan verrattuna on esitetty kuvassa 18. Liitteessä 6 on esitetty perustelut sähkönkulutuksien eroavaisuuksille.



KEI = keitto

LAJ = lajittelu

O2 = happidelignifiointi

VAL = valkaisu

JLA = jälkilajittelu

JV = jäteveden käsittely

OSV = osastojen väliset pumppaukset

SEK = sekalaiset

Kuva 18. Sähkönkulutuksien erot Sellusampo–nykytekniikka

### *Osastojen väliset pumppaukset*

Osastojen väliset pumppaukset laskettiin Sellusammossa kahdella menetelmällä; perinteisellä ja tarkalla mitoituksella.

Käytettäessä perinteistä mitoitusta säästetään osastojen välisissä pumppauksissa 15,6 kWh/ADt nykytekniikkaan verrattuna. Ero saavutetaan lähinnä lyhyempien pumppausmatkojen ja pienempien pumppausmäärien ansiosta.

Perinteisessä mitoituksessa käytetään kuitenkin ylimääräisiä varmuuskertoimia, jolloin sekä lasketut tilavuusvirrat että nostokorkeudet kerrotaan kertoimella 1,0...1,3. Tämän johdosta tehontarve on 1,0...1,69 kertaisesti ylimitoitettu. Lisäksi käyrästöjen avulla lasketut painehäviöt ovat liian suuret, jonka johdosta nostokorkeudet saadaan keskimäärin 10 % liian suuriksi. Tehontarpeeseen tämä aiheuttaa 1,1 kertaisen ylimitoituksen. Nämä ylimitoitukset vaikuttavat lähinnä kuristus- ja takaisinkierätyssäätöisiin pumppauksiin.

Tarkalla mitoituksella osastojen väliseen pumppaukseen kuluu energiaa 24,4 kWh/ADt vähemmän kuin nykytekniikassa.

Vertailukohteen (nykytekniikka) osastojen väliset pumppaukset on saatu pääasiassa tarjousaineistosta ja osin laskettu nykyisten sellutehtaiden layout-ratkaisuihin perustuen. Sellusammon osastojen väliset pumppaukset on osin laskettu arvioihin perustuen. Pumppaukset saadaan laskettua tarkasti täydellisten putkireittikaavioiden piirtämisen jälkeen.

Tarkalla mitoituksella saavutettu säästö 24,4 kWh/ADt vastaa 1,5 MW tehoa ja 150 mk/MWh hinnalla laskettuna 1,9 milj. mk vuotuista säästöä.

Osastojen välisten pumppausten vertailu on esitetty liitteessä 7.

### **4.4.2 Kemikaalit**

Taulukossa 2 on vertailtu liitteessä 5 määriteltyjen Sellusammon ja nykytehtaan kemikaalikustannuksia. Vuositasolla Sellusammon kemikaalikustannukset ovat noin 24 miljoonaa markkaa pienemmät kuin nykytekniikan mukaisessa tehtaassa.

Taulukko 2. Sellusammon ja nykytehtaan kemikaalikustannukset.

|                               | Sellusampo           | Nykytekniikka        |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| Valkaisukemikaalit            | 186,50 mk/ADt        | 234,00 mk/ADt        |
| Muut kemikaalit               | 20,50 mk/ADt         | 21,50 mk/ADt         |
| – raaka/kemiallinen vedenkäs. |                      |                      |
| – kattilaveden käs.           |                      |                      |
| – kaustisoinnin lisäkalkki    |                      |                      |
| – jätevedenkäsittely          |                      |                      |
| <b>Yhteensä</b>               | <b>206,50 mk/ADt</b> | <b>255,50 mk/ADt</b> |

#### 4.4.3 Käyttöhenkilökunta

Sellusammossa pyritään mahdollisimman tasaiseen ja hallittuun ajotapaan. Tasaisuudella päästään alhaisempiin tuotantokustannuksiin ja päästöihin kuin epätasaisella tuotannolla. Vuoro- ja vuorokausiennätystavoitteluihin ei Sellusammossa pyritä. Vuorohengen sijasta Sellusammossa pyritään ajohenkilökunnan yhteiseen henkeen. Esim. täysin vakiintuneita vuororyhmiä ei Sellusammossa muodostettaisi ollenkaan vaan ryhmien kokoonpanoa muuteltaisiin nykyistä enemmän.

Tuotannon tasaisuuden varmistamiseksi vuorojen pituutta voitaisiin Sellusammossa lisätä esim. 12 tunniksi, kuten on menetelty useissa ulkomaisissa sellutehtaissa.

Koska Sellusammon huoltotoimenpiteet tapahtuvat sisätiloissa ja koneiden ympärillä on riittävästi tilaa pystytään huolto tekemään nopeammin ja varmemmin kuin perinteisessä sellutehtaassa.

Sellusammon tarvitsema käyttöhenkilökunta voidaan ryhmitellä ajohenkilökuntaan ja muuhun henkilökuntaan.

a) arvio vuoron aikana tarvittavasta ajohenkilökunnasta:

- 1 vuoroinsinööri
  - tehtaan tuotannon kulloinenkin johtaja
  - oivalliset tiedot sa-sellun teossa
  - hyvät tiedot ohjaustekniikassa
- 1 vuoromestari
  - vuoroinsinöörin oikea käsi
  - sa-sellun kuitupuolen korkea kokemus
  - hyvät tiedot org. ja epäorg. kemiasta
  - vankka kokemus automaatiosta
- 1 vuoromestari
  - vuoroinsinöörin vasen käsi
  - sa-tehtaan kemikaalikierron hyvä kokemus
  - hyvät tiedot epäorg. kemiasta ja höyrystä
  - hyvä kokemus vahvasähköstä
- 11 vuoro-operaattoria
- 2 vuorolaboranttia
- 2 vuorokonehuoltajaa
- 1 vuorosähköhuoltaja
- 1 automaatiohuoltaja
- kuorimon henkilökunta 20

-----  
**ajohenkilökunta yhteensä  $6 \times 20 + 20 = 140$**

Ajomiehistöllä on Sellusammossa kaikkina aikoina käytettävissään vähintään 24 tunniksi kaikkia tuotannossa tarvittavia raaka-aineita, kemikaaleja ja muita käyttöaineita. Näiden aineiden määrän ja laadun voi kulloinkin vuoronsa aloittava vuoroinsinööri tarkistaa ja hyväksyä. Tämä on tärkeää mahdollisia vastuukysymyksiä varten. Sellusampomalliin tullaan kaikille tällaisille aineille varaamaan vastaanottoasemat varastoineen. Varastotäydennykset voidaan kokonaisuudessaan



suorittaa tehtaan omien tai toimittajien kuljetusyksiköiden toimesta, jolloin ajomiehistö voi keskittyä varsinaisen tuotannon ohjaukseen.

Sellusammon varastot voidaan sijoittaa siten, että niiden täydentäminen voi tapahtua itse tehdastilaan tulematta. Esim. nestekemikaalien säiliöt voidaan sijoittaa puoliksi purkaus-, puoliksi tuotantotilaan.

Koska Sellusampomallissa periaatteessa kaikki sivutuotteet ja polttokelpoiset jätteet hävitetään apukattilalla, jää tehtaalta poistettavaksi vain sellupaaleja, puhdistettua sekundäärivettä ja apukattilan tuhkaa.

Tehtaan vuorohuollon tarvitsemat varaosat voitaisiin Sellusampomallissa sijoittaa kuljetinjärjestelmään (kuten esim. joissakin pesuloissa), joista varaosa voidaan automaattisesti siirtää mihin kohtaan tahansa tehdassalia kehänosturin tai trukin avulla. Näin tarvittava varaosa saataisiin paikalle mahdollisimman nopeasti.

b) arvio Sellusammon toiminnassa tarvittavasta muusta henkilökunnasta:

*tehtaan hallinto*

|            |   |
|------------|---|
| – tekninen | 8 |
| – muu      | 6 |

|                    |   |
|--------------------|---|
| <i>laboratorio</i> | 4 |
|--------------------|---|

*huolto*

|              |    |
|--------------|----|
| – kone       | 15 |
| – sähkö      | 10 |
| – automaatio | 13 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| <i>muu päivätyö</i> | 13 |
|---------------------|----|

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>muut yhteensä</b> | <b>69</b> |
|----------------------|-----------|

**Sellusammon koko henkilöstötarve on siis yhteensä 209 (ajohenkilökunta 140, muut 69).** Perinteisen sellutehtaan henkilömäärä on tavallisesti noin 280 – 350. Mikäli yhden työntekijän palkkakustannukset sotu- ym. maksuineen ovat noin 200000 mk ja Sellusammolla saavutetaan esim. 100 henkilön vähennys, ovat vuotuiset säästöt 20 milj.mk työvoimakustannusten osalta.

## 4.5 Ympäristö

### 4.5.1 Ilmapäästöt

Sellusammossa meesauunin rikkidioksidi- ja rikkivetypäästöt ovat likimain = 0, koska meesauunin tukipolttoaineena on maakaasu, meesauunissa ei polteta hajukaasuja ja kuivan meesan puhtaus on korkea; liukoisen alkalien määrä on alle 0,1 %  $\text{Na}_2\text{O}$ :na.

Poltettavan mustalipeän kuiva-ainepitoisuus Sellusammossa on 80 %, jolloin soodakattilan rikkidioksidipäästöt ovat 0,26 kg/ts eli rikkinä 0,13 kg/ts. Soodakattilan hajurikkiyhdisteiden sisältämät rikkipäästöt ovat 0,05 kg/ts.

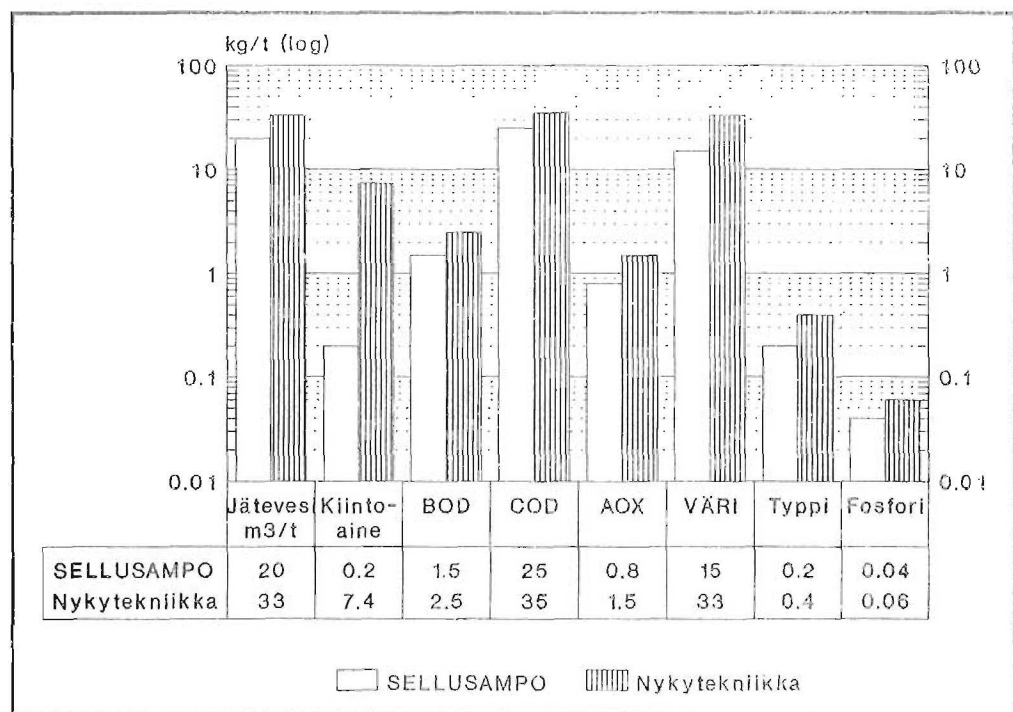
Kaikki Sellusammon prosesseista syntyvät rikkipitoiset hajukaasut kerätään ja johdetaan poltettavaksi apukattilayksikköön. Apukattilayksikköön syötettyjen aineiden kokonaisrikkikalsium- ja kokonaisrikkinatriumsuhteet ovat sellaiset, ettei rikkipäästöjä synny. Hiukkaspäästöjen suhteen apukattilayksikön sähkösuodattimen erotusaste on vähintään 95 %.

Yhteensä Sellusammon kaasumaiset rikkihäviöt ovat siis  $0,18 \text{ kg/ts} = 0,36 \text{ kg}_{\text{so}_2}/\text{ts}$ .

#### 4.5.2 Vesipäästöt

Sellusampoa on kuvassa 19 verrattu liitteessä 5 määritellyyn nykytehtaaseen, jonka jätevedet puhdistetaan aktiivilietelaitoksessa.

Jatketun keiton, happivalkaisun sekä prosessin tasaisuuden ansiosta Sellusammossa päästään alhaisempaan veden ominaiskulutukseen kuin nykytehtaassa. Ultrasuodatuksen ansiosta jäteveden väri on selvästi parempi sekä AOX- ja COD-päästöt alhaisemmat kuin perinteisessä ratkaisussa. Kiintoainepäästöt ovat Sellusammossa erittäin alhaiset loppusuodatuksen ansiosta.



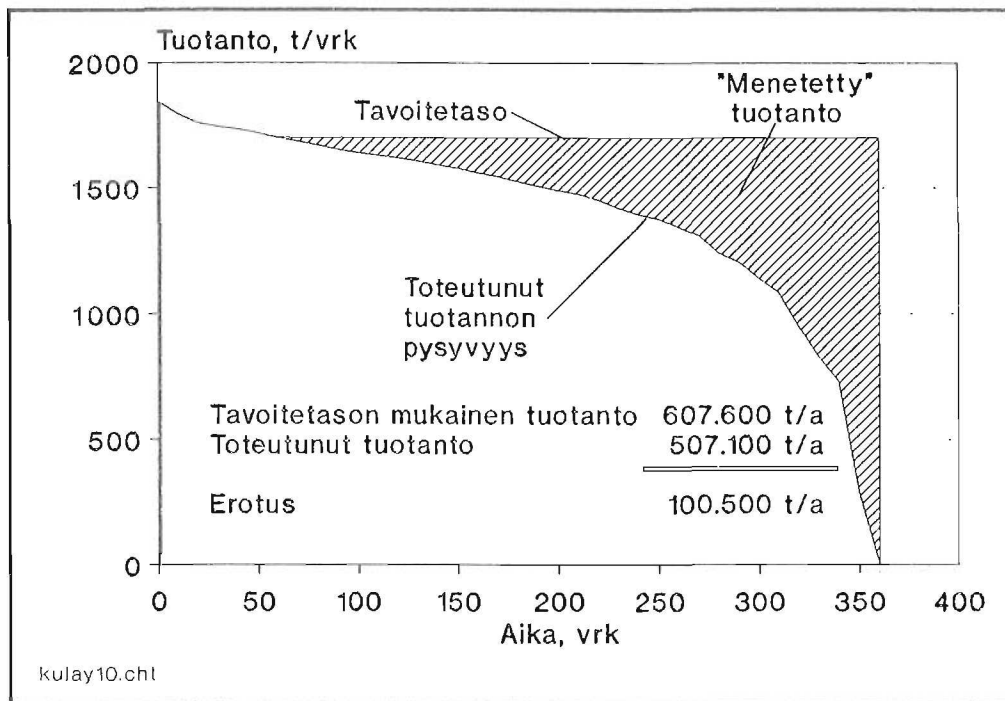
Kuva 19. Sellusammon ja nykytehtaan jätevesipäästöt.

#### 4.6 Tuotannon pysyvyys

On erittäin vaikeaa osoittaa, että Sellusampomallilla todella saavutettaisiin parempi tuotannon pysyvyys kuin nykyisillä tehtailla. Lyhyempien etäisyyksien, nopeamman ja helpomman huollon ja tehokkaamman valvonnan ja kommunikoinnin ansiosta voidaan kuitenkin olettaa, että Sellusammolla on tuotannon pysyvyyteen positiivinen vaikutus.

Kuvassa 20 on esitetty erään suomalaisen sellutehtaan tuotannon pysyvyyskäyrät vuodelta 1989. Kuvaan on myös piirretty Sellusampo-tyyppisen tehtaan jatkuvan tuotannon tavoitetaso. Tavoitetasoksi on asetettu vastaavan kokoisen sellutehtaan vuoden toiseksi parasta peräkkäistä kymmenen vuorokauden tuotantoa vastaava päivätuotanto.

Mikäli Sellusampo-tyyppinen tehdas pystyy saavuttamaan tavoitearvonsa merkitsee se kuvan 1 tapauksessa 44000 tonnin ja kuvan 20 tapauksessa 100500 tonnin lisäystä vuosituotannossa. Mikäli sellutonnin hintana käytetään 2500 mk merkitsevät em. tonnimäärät 110 milj.mk ja 250 milj.mk myyntitulojen lisäystä vuositasolla.



Kuva 20. Esimerkki tuotannon pysyvyydestä suomalaisessa sellutehtaassa vuonna 1989 ja vertailu Sellusammon tavoitetasoon.

## 5 JATKOTUTKIMUSAIHEITA

Projektin kuluessa todettiin useita jatkotutkimustarpeita eri aihepiireistä, joihin ei projektin laaja-alaisuuden ja rahoituspohjan kapeuden vuoksi voitu paneutua. Oheisessa listassa on esitetty muutamia keskeisiä jatkotutkimustarpeita.

### 5.1 Rakennus

#### 5.1.1 Suorakaiteenmuotoinen rakennus/layout

Pyöreän rakennuksen ohella pitäisi tarkastella myös suorakaiteenmuotoista rakennusta. Suorakaiteenmuotoisella rakennuksella voitaisiin ehkä saada pienennettyä rakennustilavuutta ja rakennuskustannuksia. Nosturiratkaisut saattaisivat myös olla helpommin toteutettavissa suorakaiderakennuksessa.

### **5.1.2 Rakennustapa- ja rakenneratkaisujen kehittäminen**

Teräsrakenteisen rakennuksen lisäksi pitäisi Sellusampomallissa tarkastella betonirakenteista rakennusta, joka saattaisi olla hankinta- ja käyttökustannuksiltaan edullisempi kuin teräsrakenteinen. Rakentamisessa pitäisi tarkastella mahdollisuuksia käyttää moduuliratkaisuja.

### **5.1.3 Rakennustilavuuden optimointi**

Sellusammon rakennustilavuutta ei ole rakennuskorkeuden osalta optimoitu eli korkeussuunnassa on runsaasti tyhjää tilaa. Rakennuksen korkeus on määräytynyt lähinnä valkoliipeän valmistuksen, lajittelun jälkeisen saostuksen sekä huolto- ja valvontanäkökohtien perusteella. Vaikka Sellusammon rakennuskuutiometrin hinta onkin alhainen pitäisi rakennuspinta-alan lisäksi pyrkiä optimoimaan myös rakennustilavuutta.

### **5.1.4 Rakennuskustannusten tarkempi selvittäminen**

Olenneisin ero hankintakustannusten osalta Sellusammon ja nykytekniikan tehtaan välillä muodostui selvitystyön perusteella rakennuskustannuksista. Nykytekniikan mukaisen tehtaan laskennallisiksi rakennuskustannuksiksi saatiin 533 miljoonaa markkaa. Tyypillisesti arvioidaan rakennuskustannusten olevan noin 20 – 25 % kokonaisinvestoinnista, jolloin 3 miljardin kokonaisinvestoinnista rakennuskustannusten osuuden pitäisi olla noin 600 – 750 miljoonaa markkaa. Vastaavasti Sellusammonissa saattaisivat esimerkiksi betonirakenteet olla laskelmissa käytettyjä teräsrakenteita edullisemmat.

## **5.2 Prosessi**

### **5.2.1 Uudet prosessit**

Jatkossa olisi syytä tarkastella uusien prosessiratkaisujen vaikutuksia ja soveltuvuutta Sellusampoon. Erityisesti valkaisun osalta kehitys on nopeaa. Tulevaisuuden tehtaassa valkaisu pitäisi todennäköisesti tehdä kokonaan ilman kloorikemikaaleja.

### **5.2.2 Jätevedenkäsittelyn kokonaistoiminta**

Biologisen jätevedenkäsittelyn osalta olisi selvitettävä tarkemmin Sellusampoon valituttujen syväilmastuksen, flotaation, ultrasuodatuksen ja hiekkasuodatuksen yhteistoiminta.

### **5.2.3 Suljettu prosessi**

Jätevedenkäsittelyn osalta pitäisi tarkastella omana erillisprojektinaan mahdollisuuksia siirtää täysin suljettuun prosessiin.

#### 5.2.4 Kemikaalitase

Sellusampo tuottaa 25 kg/ADt yli oman tarpeen natriumsulfaattia, jonka käyttömahdollisuuksia ei projektin puitteissa selvitetty. Ylimääräisen natriumsulfaatin käyttömahdollisuudet tai Sellusammon kemikaalitaseen muuttaminen siten, ettei ylimäärää synny pitäisi selvittää erillisprojektina.

### 5.3 LVI-tekniikka

#### 5.3.1 Ilmastointi

Asiantuntijapalaverissa todettiin, että huolellisesti kehitetty ja toteutettu ilmastointi on erittäin tärkeää mallin markkinoitavuuden ja toimivuuden kannalta. Suurten lämpökuormien ja mahdollisten päästökuormien hallinta asettaa erityisvaatimuksia ilmastoinnille.

Ilmastoinnin osalta selvitys- ja kehitystarpeina voidaan mainita mm. lämpö-, epäpuhdistus- ja kuormituslähteiden selvittäminen, riskitilanteiden arviointi ja niihin varautuminen, vaatimustasojen asettaminen, tuloilman minimointi, korroosiokysymysten huomioonottaminen, erikoistilojen ilmastointi (erityisesti sähkötilat), ilmataseen selvittäminen, järjestelmävalinnat, sijoitussuunnittelu, laiteratkaisut, lämmöntalteenoton optimointi.

#### 5.3.2 Hajukaasujen keräily- ja käsittelyjärjestelmät

Sellusammossa pyrittiin mahdollisimman kattavaan hajukaasujen keräilyyn ja käsittelyyn. Projektin aikana todettiin, että hajukaasupäästöjen mitoitusperusteiden, keräämis- ja käsittelytekniikoiden, laitteiden ja järjestelmien valintaperusteiden sekä niiden hankinta- ja käyttökustannusten osalta tarvittaisiin lisäselvityksiä ja tutkimuksia.

#### 5.3.3 Erillistehtävät

Erillisiä LVI-teknisinä erityistehtävinä pitäisi kehittää ratkaisut putkistojen puhdistus- ja huuhteluratkaisuille sekä myrkkyyviemäröinnille ja siihen liittyville varoaltille.

### 5.4 Automaatio

Sellusampomalliin valittiin hyvää nykYTEKNIikkaa edustavat automaatiioratkaisut. Sellusammon nykYTEKNIikan mukaista tehdasta pienempi henkilökunta saattaisi edellyttää automaatiotason nostamista. Toisaalta keskitetty valvomo ja valvonta saattaisi pienentää automaatiojärjestelmille asetettavia vaatimuksia. Automaation osalta pitäisikin tarkastella pienennetyn miehistömäärän ja keskitetyn valvomon vaikutuksia automaatiioratkaisuihin.

## 5.5 Energia

### 5.5.1 Modulien sisäiset tarkastelut

Modulien sisäiset pumppaukset ja sekoitukset hyväksyttiin sellaisenaan kuin laitetoimittaja ne tarjosi. Jatkossa sähköenergiankäytön tarkempi tarkastelu pitäisi ulottaa modulien välisten pumppauksien lisäksi modulien sisäisiin tapahtumiin. Tarpeellisia jatkotutkimusaiheita energiantuoton ja -käytön osalta olisivat esimerkiksi sekoittimien ja pumppujen tarpeellisuuden kriittinen arviointi.

### 5.5.2 Kaasutuslaitokset

Kuoren ja mustalipeän kaasutuksen yleisiä käyttömahdollisuuksia ja kaasutuslaitosten vaikutuksia Sellusammon energiataseeseen ja layoutiin pitäisi tarkastella erillisprojektina. Kuoren kaasutus on todennäköisesti nopeammin kaupallisesti hyödynnettävällä tasolla kuin mustalipeän kaasutus.

## 5.6 Yleiset

### 5.6.1 Elinkaarianalyysit

Sellusampomallin ja nykytekniikan mukaisten tehtaiden erot ja niiden merkitys lopputuotteen eli paperijalosteiden tai sellun elinkaaren aikaisiin energia- ja raaka-ainetarpeisiin sekä ympäristöpäästöihin pitäisi selvittää perusteellisen analyysin avulla.

### 5.6.2 Riskianalyysit

Riskianalyyseillä kartoitettaisiin Sellusammon mahdolliset häiriötilanteet ja niiden vaikutukset tehtaan toimintaan ja ympäristöön. Analyysien tulosten avulla voitaisiin kehittää ennaltaehkäiseviä ja korjaavia ratkaisuja häiriötilanteiden varalta.

### 5.6.3 Organisaation ja huoltojärjestelmien kehittäminen

Sellusampomallissa pitäisi tarkemmin selvittää tehtaan henkilöstön toimenkuvat ja vastualueet. Erityisesti huoltohenkilökunnan osalta tehtävät pitäisi selvittää yksityiskohtaisesti.

Sellusampo mahdollistaa täysin uudentyyppisten huoltoapulaitteiden ja -järjestelmien käytön. Esim. pitkälle automatisoitu varaosien toimitus varastosta käyttöpaikalle voisi olla Sellusammossa mahdollista. Sellusammolle pitäisi laatia täysin oma, uudentyyppinen huoltosuunnitelma.

### 5.6.4 Välivarastojen optimointi

Sellusammon välivarastojen koot on valittu samoilla mitoitusperusteilla kuin nykytehtaidenkin. Asiantuntijapalaverissa todettiin, että pienemmät välivarastot pakottaisivat tehtaan ajohenkilökunnan huolellisempaan toimintaan, jolloin tuotannon tasoa ja laatua saataisiin parannettua.

### 5.6.5 Äänitekniinen tarkastelu

Äänitekniikan kannalta pitäisi selvittää Sellusammon edut verrattuna nykytekniikkaan. Yhtenäinen rakennusvaippa sellutehtaan osalta varmistanee alhaisemman melutason tehtaan lähiympäristöön.

### 5.6.6 Toteutusaikataulun selvittäminen

Sellusampomallin mukaisen tehtaan toteutusaikataulun pitäisi olla nykytekniikan mukaisia tehtaita lyhyempi suunnittelun standardisoinnin ja moduliirakentamisen ansiosta. Mikäli toteutusaikataulu todella on lyhyempi ovat saavutettavat säästöt korkokustannuksissa huomattavat. Säästöjen laskenta ja perustelut pitäisi tehdä huolellisesti.

## 6 YHTEENVETO

Tyypillinen nykyaikainen sellutehdas käsittää useita erillisiä rakennuksia, joihin kuhunkin on sijoitettu yksi tai useampia tuotanto-osastoja. Pääprosessi ja mahdollinen päävalvomo on yleisesti sijoitettu niin, että ne muodostavat oman kokonaisuutensa eli päälinjan, jonka varrella, mahdollisesti päälinjan molemmilla puolilla on tuotanto-osastoja, joissa apu- ja/tai osaprosessit tapahtuvat. Koska tuotanto-osastot muodostavat omat kokonaisuutensa, usein erillisiä rakennuksia, on niissä yleensä omat valvomonsa, vaikka tietoja osaprosesseista kulkisikin päävalvomoon. Vaikka rakennukset, joissa tuotanto-osastot sijaitsevat, olisikin sijoitettu mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti prosessikokonaisuuden kannalta, on tuotanto-osastojen muodostama kokonaisuus pakostakin melko hajautettu, paljon pinta-alaa vaativa ja vaikeasti hallittavissa.

Projektin tavoitteena oli kehittää sellutehdasmalli, jonka tuotannon pysyvyys vuositasona on olennaisesti parempi, jossa on pienennetty ympäristökuormituksia ilma- ja vesipäästöjen kokonaisvaltaisella kontrolloinnilla ja käsittelyllä, joka on energiataloudellisempi, jonka kokonaisinvestoinnit ovat pienemmät, jonka kokonaispinta-ala on pienempi ja rakennusaika lyhyempi kuin nykyisissä sellutehtaissa.

Projektin ensimmäisessä vaiheessa laadittiin sulfaattisellutehtaan layoutmalli ympyränmuotoiseen rakennukseen. Rakennuksen halkaisijaksi valittiin 200 m, raaka-aineeksi mänty, keittotyyppiä jatkuvatoiminen jatkettu keitto ja mitoitus-tuotannoksi 1000 t/d. Pyöreä rakennusmuoto ei itsessään ollut tavoite, vaan tehokas, keskitetty, kustannuksiltaan kilpailukykyinen tehdas. Layout-suunnittelu toteutettiin 3D-CAD tietokoneavusteisella suunnittelujärjestelmällä, joka mahdollisti monipuoliset sijoitustarkastelut laitteiden mallintamisen jälkeen, kuten leikkaukset, aksonometriset kuvat jne. Kaikki Sellusammossa tarvittavat prosessilaitteet on mallinnettu ja sijoitettu layoutiin.

Sellusampomalliin ja vertailuperustana käytettyyn nykytekniikan mukaiseen sellutehtaaseen valittiin pääosin samat laitteet, jotka edustavat uusinta, kaupallisella tasolla olevaa teknologiaa. Merkittäviä eroja on lajittelussa, valkaisussa, jätevedenkäsittelyssä ja jätteidenpoltossa. Sellusammon lajittelussa ei ole rejektinjauhatusta eikä -lajittelua. Sellusammossa ei ole jälkilajittelua valkaisun jälkeen. Sellusammon valkaisu-prosessi on kolmivaiheinen dioksidivalkaisu (D, EOP, D), kun vertailu-prosessiin on valittu neljä vaihetta (D, EOP, D, D). Sellusammon jätevedenkäsittely sisältää nykytehtaasta poiketen ultrasuodatuksen ja syväilmastuksen. Lisäksi



Sellusammossa on kirkkaalle suodokselle painehiekkasuodatus. Sellusammon tuotekehitysasteella olevassa apukattilayksikössä poltetaan nykytekniikasta poiketen myös suopa ja tärpähti.

Projektin tarkennusvaiheessa pitäydyttiin ympyrälayoutissa. Mitoitustuotanto nostettiin määrään 1500 t/d ja tarkasteltiin lisäksi kuorimon, hakkeenkäsittelyn ja paperitehtaan lisäämisen vaikutuksia malliin.

Kehitystyön tuloksena saatiin pyöreään layoutiin perustuvan yhtenäiseen, katettuun tilaan laaditun sulfaattisellutehtaan esisuunnitelma. Mitoitustuotannoltaan 1500 t/d tehdas saatiin sopimaan teräsrakenteiseen rakennukseen, jonka halkaisija on 200 m ja räystäskorkeus 35 m. Soodakattila, apukattila ja syväilmastusaltat sijoitettiin ympyrärakennuksen ulkopuolelle. Kehityksessä mallissa valvomo sijaitsee keskeisesti tuotantolaitoksen tuotanto-osastoihin nähden. Tuotanto-osastot sijaitsevat pääasiassa sektorimaisesti valvomoon nähden. Massanvalmistusprosessi etenee pääasiallisesti ympyrän kehän suuntaisesti vierekkäisten tuotanto-osastojen välillä. Tuotanto-osastot ovat yhtenäisen katetun tilan sisällä. Kehityksessä mallissa tuotanto-osastot on sijoitettu siten, että neste-, massa- ja kaasusiirrot ovat mahdollisimman lyhyet.

Tehtyjen selvitysten perusteella voitiin todeta, että mallilla on useita etuja verrattuna nykyisellä tavalla toteutettuun sellutehtaaseen.

#### Käytettävyys ja huolto

Sellusampomallin mukaisella tehtaalla on paremmat edellytykset saavuttaa hyvä käytettävyys kuin nykyisillä tehtailla. Huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa nopeasti ja tehokkaasti, koska kaikki osaprosessit ovat yhdessä lämpimässä rakennuksessa ja lähellä toisiaan. Pinta-alaltaan Sellusampo on olennaisesti perinteistä sellutehdasta pienempi. Keskitetty valvomo parantaa tehtaan hallittavuutta.

#### Myyntituotot

Sähköenergian kulutus pienenee lyhyempien siirtoetäisyyksien, pienempien käsiteltävien vesimäärien ja tehtyjen laitevalintojen ansiosta 63 kWh/ADt eli noin 10 %. Keittämön puskulämpöä hyödynnetään haihduttamalla, jolloin lämpöä säästetään 1,11 GJ/ADt eli noin 10 %. Sellusammossa saadaan nykytekniikan mukaiseen tehtaaseen verrattuna 204 kWh/ADt enemmän sähköä myyntiin.

Mikäli tuotannon pysyvyysskäyrän muotoa saadaan tasaisemmaksi voivat vuosittaiset myyntituottojen lisäykset merkitä rahallisesti useita kymmeniä miljoonia markkoja.

#### Ympäristö

Malli mahdollistaa kaikkien ympäristöpäästöjen käsittelyn ja kontrollin. Ilmapäästöjen keräilyssä kanavoinnit ovat lyhyet. Rikkipäästöt ilmaan ovat olennaisesti alhaisemmat kuin nykyisissä tehtaissa. Jatketun keiton, happivalkaisun, ultrasuodatuksen ja syväilmastuksen, sekä prosessin tasaisuuden ansiosta jäteveden väri on selvästi parempi sekä AOX- ja COD-päästöt selvästi alhaisemmat kuin perinteisessä ratkaisussa.

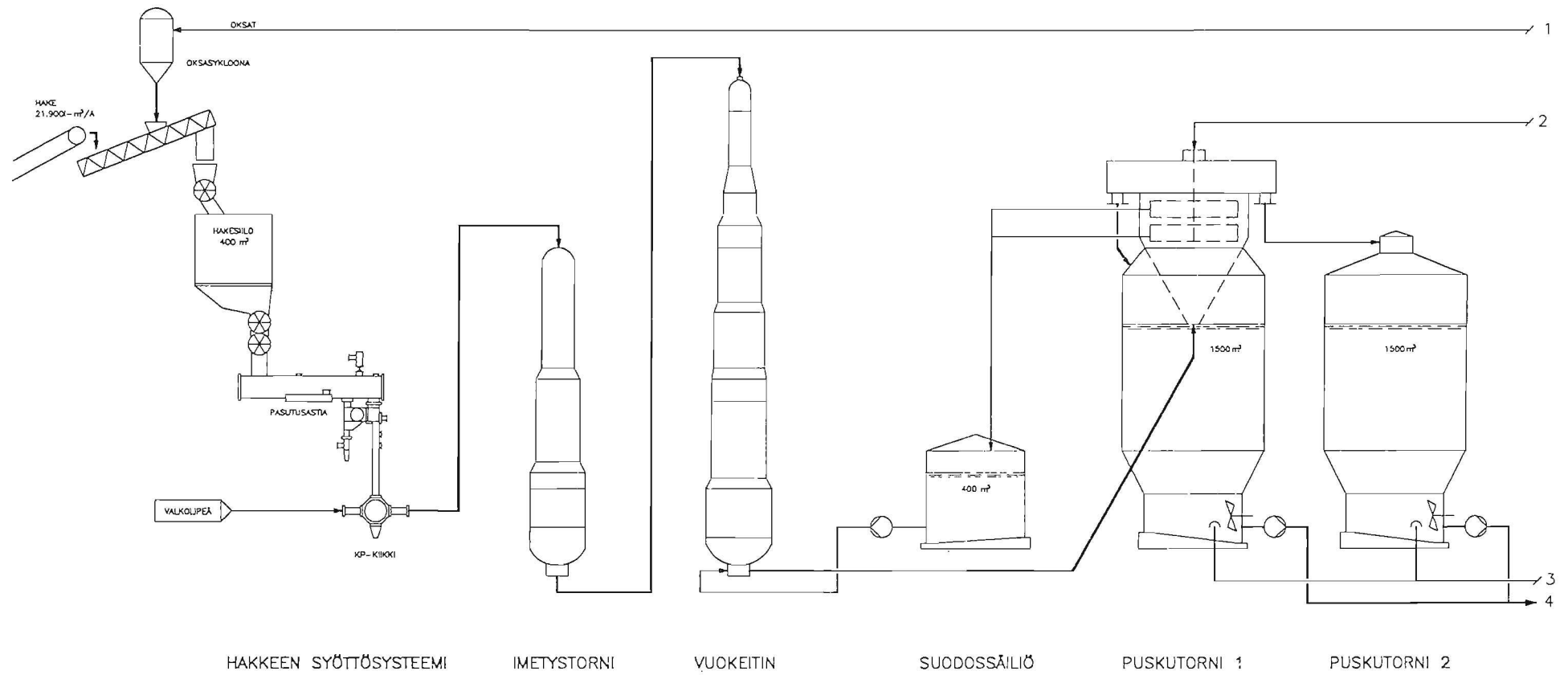
#### Hankinta- ja käyttökustannukset

Sellusampo on saatujen budjettitason tarjousten ja tehtyjen laskelmien perusteella 77 milj.mk eli noin 3 % halvempi kuin vertailutehdas. Käyttökustannuksia tarvitaan laskelmien mukaan noin 210 henkeä, kun vertailutehtaassa vastaava määrä on noin 300. Rahallisesti etu on noin 20 milj.mk/a. Vuositasolla Sellusam-



mon kemikaalikustannukset ovat tehtyjen prosessivalintojen ansiosta noin 24 milj.mk pienemmät kuin vertailutehtaassa. Merkittävin kustannussäästö saavutettaneen kuitenkin rakennusaikaisten korkokustannusten pienenemisen ansiosta. Karkean arvion mukaan Sellusammon toteutusaikataulu saattaa standardiratkaisujen ja modulierakenteisuuden ansiosta lyhentyä noin 6 kk verrattuna vertailutehtaaseen.

LIITE 1. SELLUSAMMON KUITULINJA  
 RUSKEAMASSAN PESUDIFFUSÖÖRI JA VARASTOINTI 1660 ADT/d

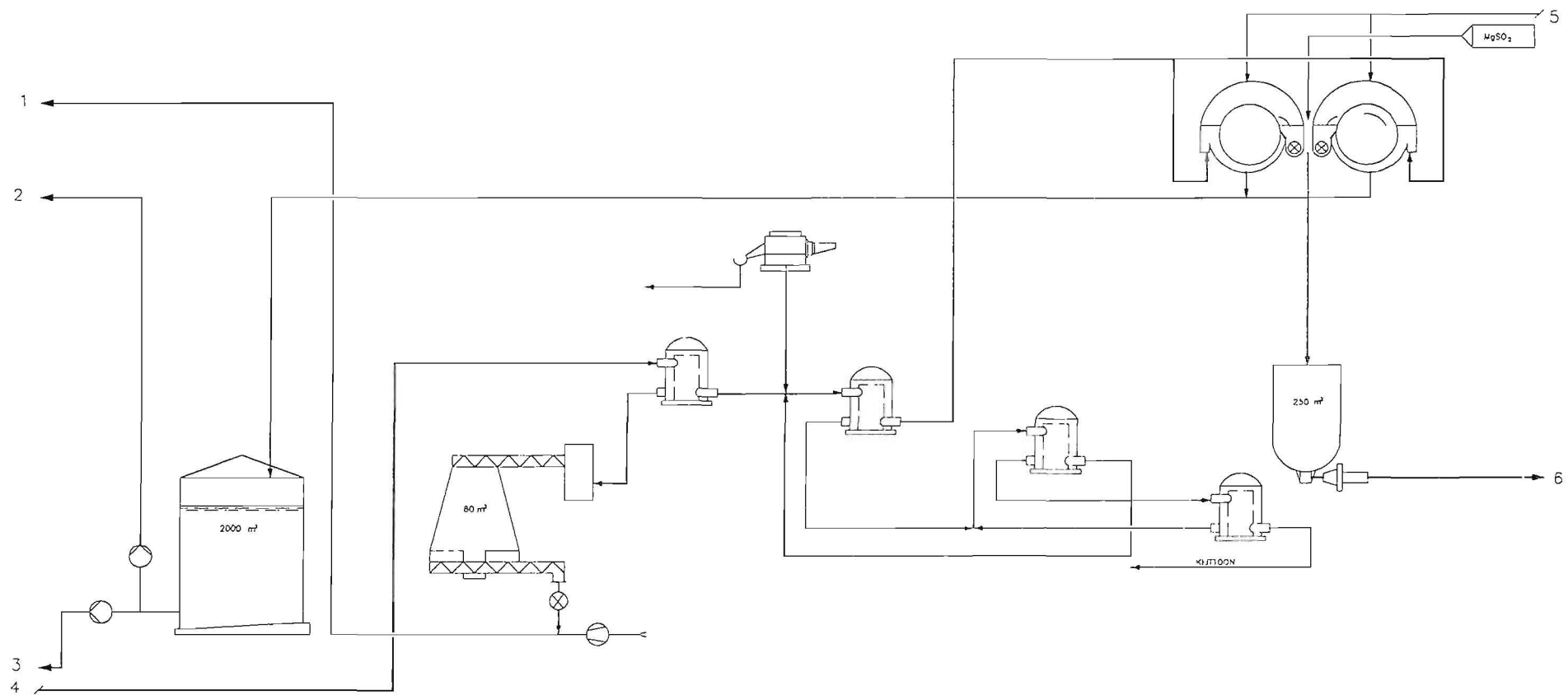


KUITULINJA  
 1500 ADT/d

VUOKEITTO 1660 ADT/d

RUSKEAMASSAN PESUDIFFUSÖÖRI  
 JA VARASTOINTI 1660 ADT/d

OKSANEROTTELU, LAJITTELU JA SAOSTUS 1627 ADT/d



SUODOSSÄILIÖ

OKSANPESU JA SIILO

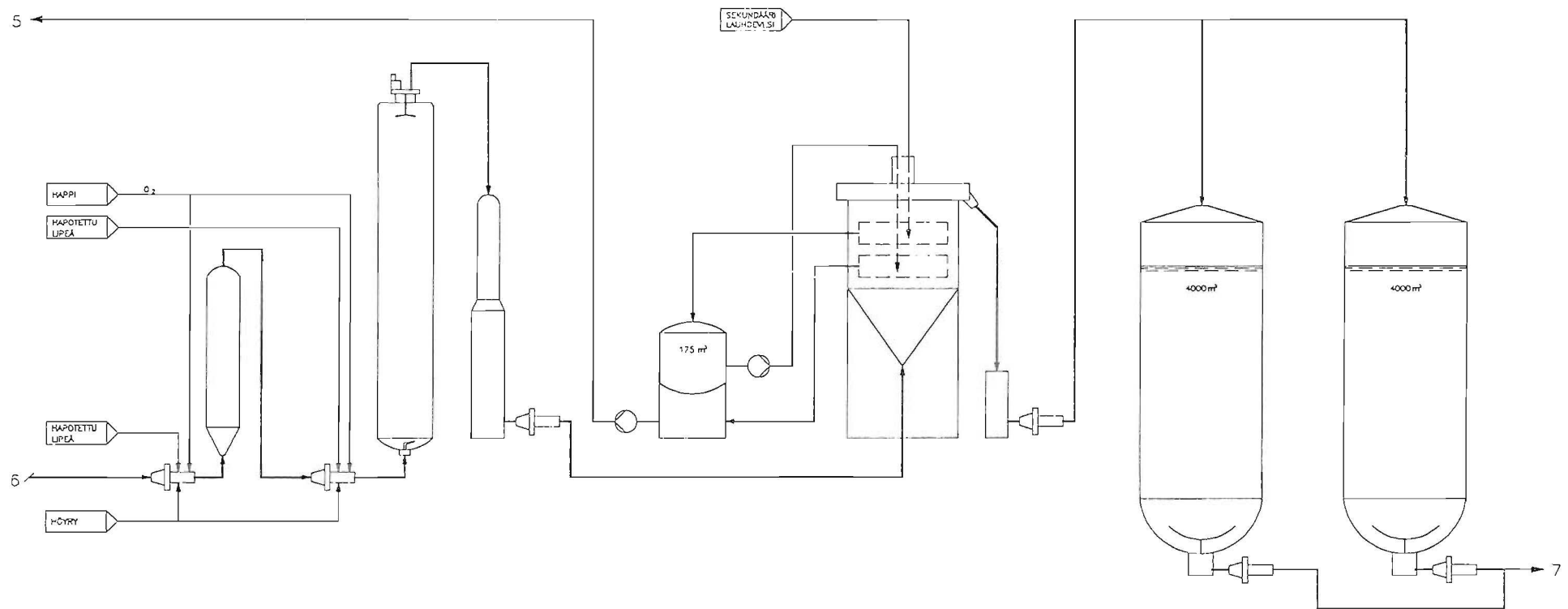
LAJITTIMET

SAOSTIMET 2kpl

MC-PUMPPAUS  
SÄILIÖ

KUITULINJA  
1500 ADT/d

# HAPPIDELIGNIFIOINTI JA DIFF.PESU 1586 ADT/d



KUITULINJA  
1500 ADT/d

HAPPIREAKTORI 1

HAPPIREAKTORI 2

PUKUSÄILIÖ JA  
MC-PUMPPU

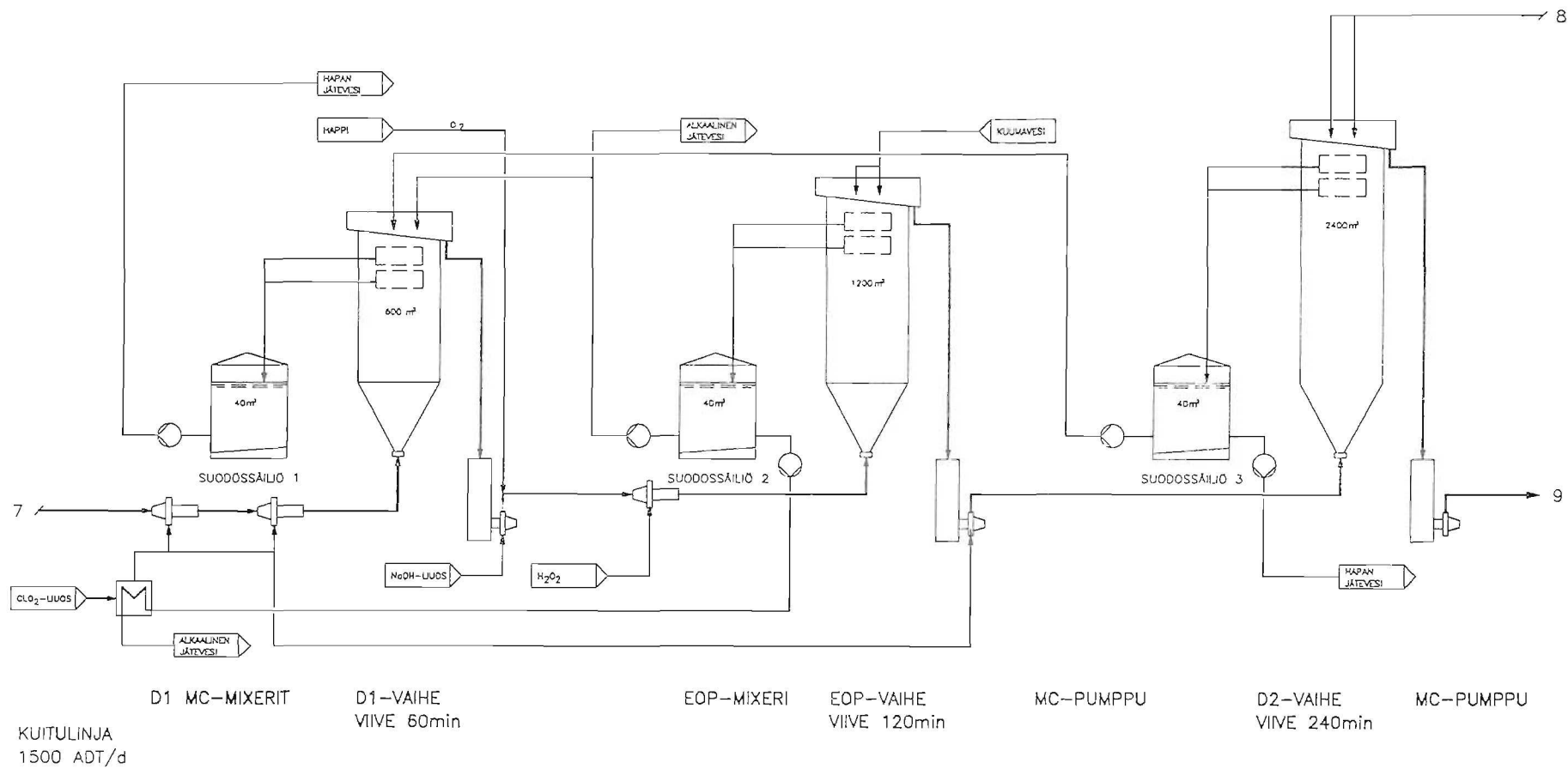
SUODOSSÄILIÖ

DIFF.PESU JA MC-PUMPPU

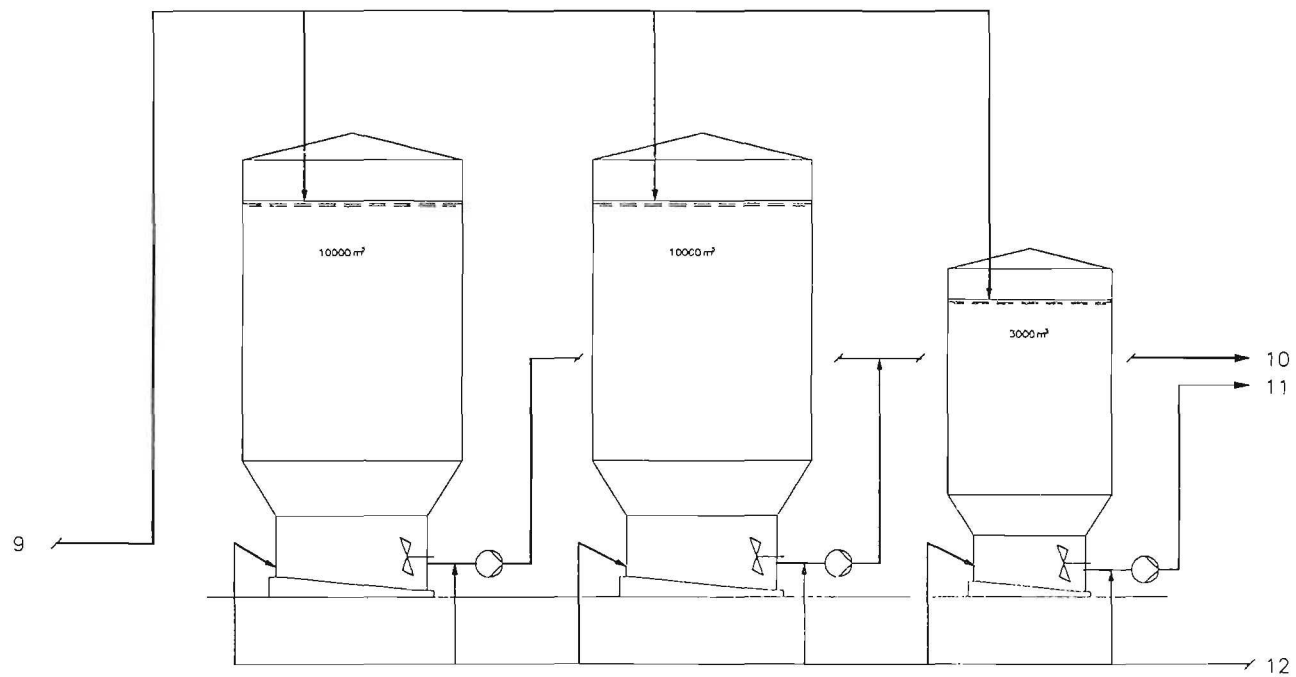
RUSKEAMASSATORNI 1  
JA MC-PUMPPU

RUSKEAMASSATORNI 2  
JA MC-PUMPPU

DIFFUSIOVALKAISU  
D1-EOP-D2 1500 ADT/d



# VALKAISTUN MASSAN VARASTOINTI



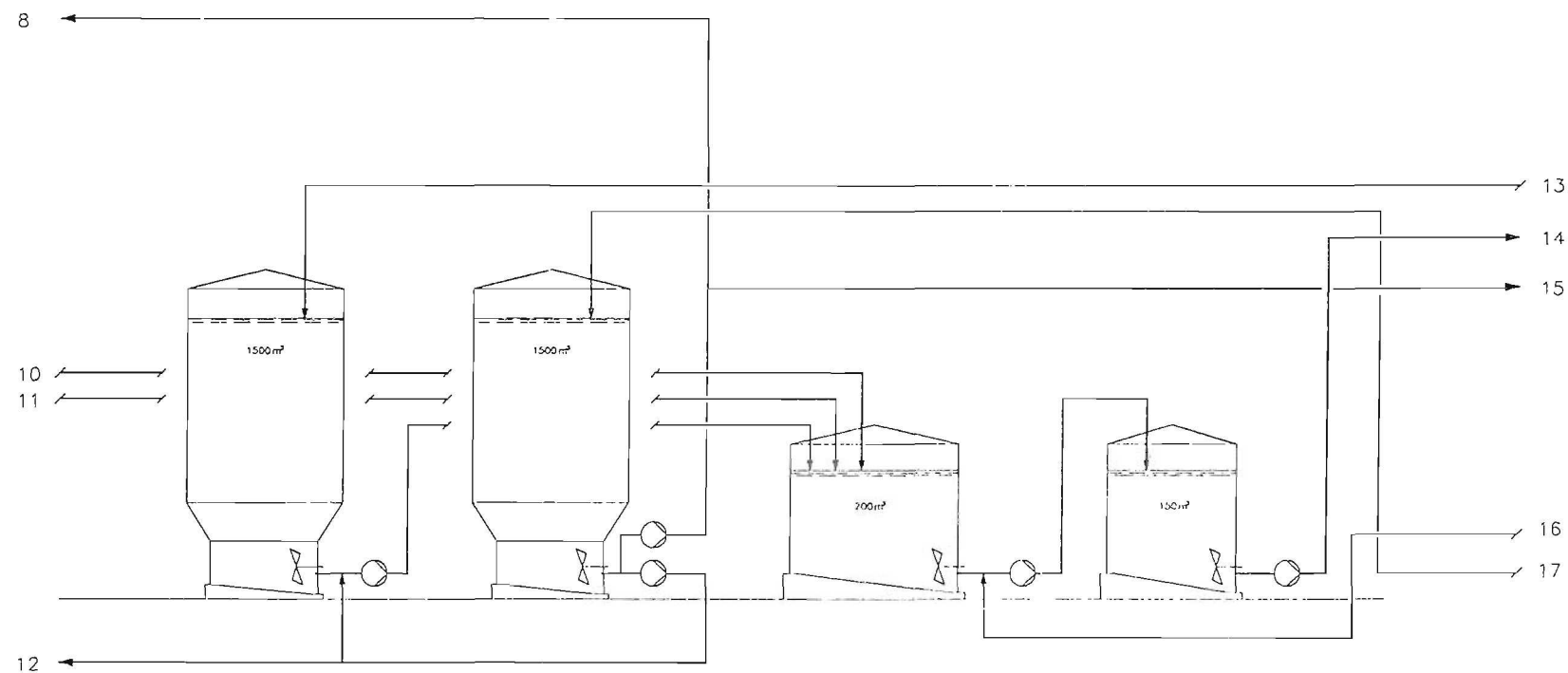
SAKEAMASSATORNI 1

SAKEAMASSATORNI 2

SAKEAMASSATORNI

KUITULINJA  
1500 ADT/d

SELLUN RAINAUS, KUIVATUS JA PAALAUS  
1500 ADT/d



HYLKYTORNI

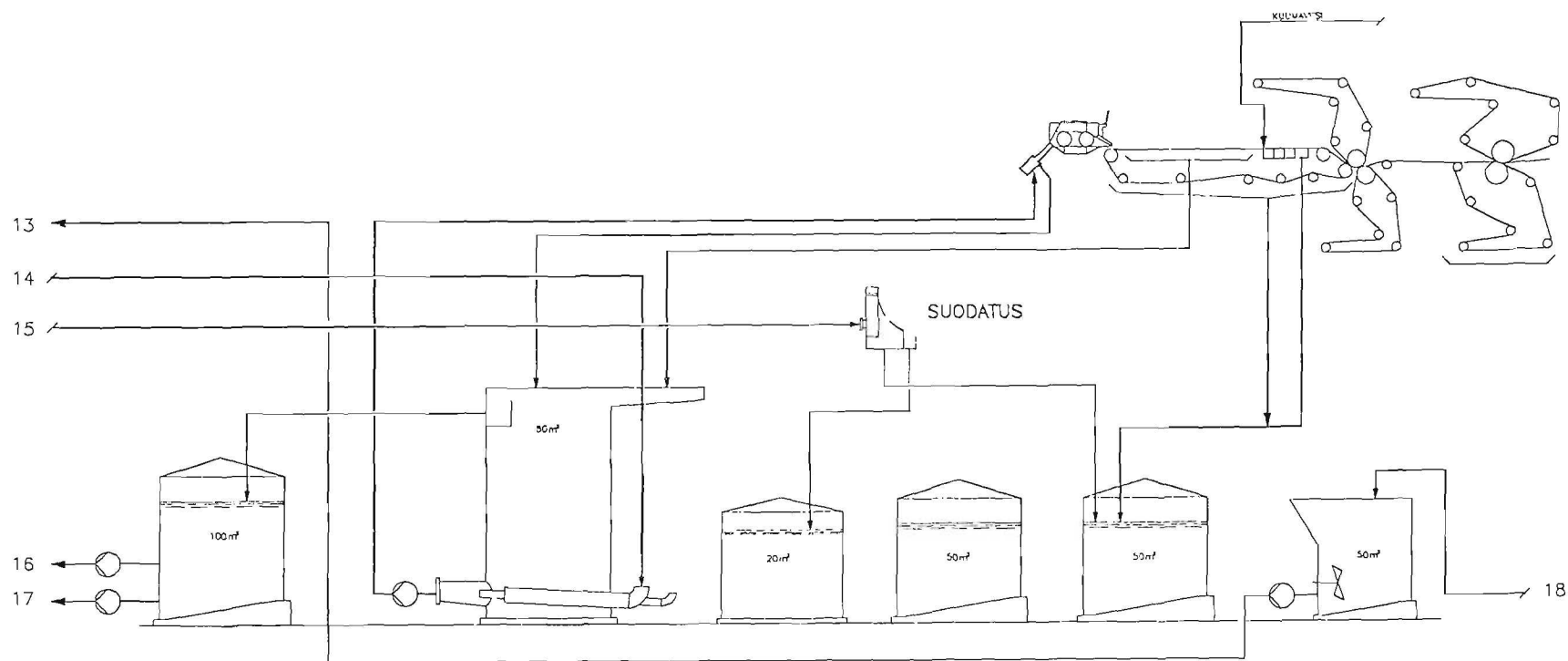
NOLLAVESITORNI

SEKOITUSKYYPPI

KONEKYYPPI

KUITULINJA  
1500 ADT/d

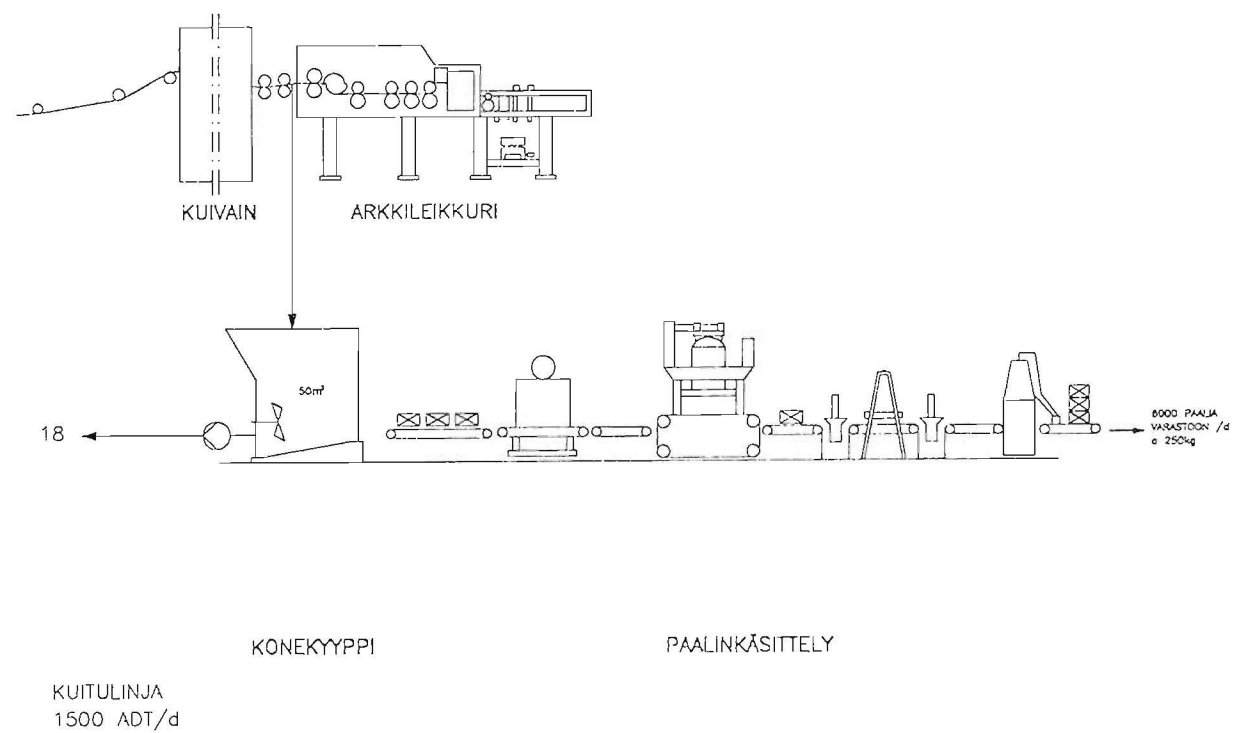
SELLUN RAINAUS, KUIVATUS JA PAALAUS  
1500 ADT/d



KUITULINJA  
1500 ADT/d  
 NOLLAVESISÄILIÖ  
 VIIRAKAIVO  
 KURAKAUKALOSÄILIÖ  
 LÄMMINVESISÄILIÖ  
 SUIHKUVESISÄILIÖ  
 NOKKAKYYPPI  
 SUODATUS  
 KUIVATUS  
 PAALAUS  
 13  
 14  
 15  
 16  
 17  
 18



LIITE 1/3. SELLUN RAINAUS, KUIVATUS JA PAALIAUS  
1500 ADT/d



LIITE 2. SOODAKATTILAN SAVUKAASUT JA PALAMISILMAMÄÄRÄ  
Mustalipeän kuiva-ainepitoisuus 80 %

|   | mol/kg k.a.  |              | m <sup>3</sup> n/kg k.a. |              |
|---|--------------|--------------|--------------------------|--------------|
| Ilmakerroin                             | 1,0          | 1,0          | 1,16                     | 1,2          |
| KUIVA SAVUKAASU                         |              |              |                          |              |
| CO <sub>2</sub>                         | 28,25        | 0,629        |                          |              |
| SO <sub>2</sub>                         | 0,078        | 0,002        |                          |              |
| CO                                      | –            |              |                          |              |
| H <sub>2</sub>                          | –            |              |                          |              |
| H <sub>2</sub> S                        | 0,004        | 0,000        |                          |              |
| CH <sub>4</sub> S                       | 0,008        | 0,000        |                          |              |
| Ilma-O <sub>2</sub> (=N <sub>2</sub> )  | <u>2,689</u> |              |                          |              |
| Yhteensä                                |              | 3,320        | 3,320                    | 3,320        |
| Ilmaylimäärä                            | –            | <u>0,554</u> | <u>0,680</u>             |              |
| Yhteensä                                |              | 3,320        | 3,874                    | 4,000        |
| O <sub>2</sub> til-%                    | 0            | 3,00         | 3,56                     |              |
| CO <sub>2</sub> + SO <sub>2</sub> til-% |              | 19,04        | 16,29                    | 15,80        |
| SAVUK. KOSTEUS                          |              |              |                          |              |
| Polttoaineiden H <sub>2</sub> O         | 13,89        |              |                          |              |
| " H <sub>2</sub>                        | <u>19,02</u> |              |                          |              |
| Yhteensä                                | 32,91        | 0,737        | 0,737                    | 0,737        |
| ILMAN KOSTEUS                           |              |              |                          |              |
| Yhteensä                                | 2,69         | <u>0,060</u> | <u>0,070</u>             | <u>0,072</u> |
|   |              | 0,797        | 0,807                    | 0,809        |
| NUOHOUS (2,15 t/h)                      |              |              |                          |              |
| Yhteensä                                | 4,63         | <u>0,104</u> | <u>0,104</u>             | <u>0,104</u> |
|   |              | 0,901        | 0,911                    | 0,913        |
| Savukaasujen kosteus til-%              |              | 21,35        | 19,04                    | 18,58        |
| <u>PALAMISILMA</u>                      |              |              |                          |              |
| Kuiva ilma                              | 151,89       | 3,402        | 3,956                    | 4,082        |
| Kosteus 11 g/kg k.i.                    | 2,69         | <u>0,060</u> | <u>0,070</u>             | <u>0,072</u> |
| Yhteensä                                |              | 3,462        | 4,026                    | 4,154        |
| Soodakattila 2830 t <sub>ka</sub> /d    |              |              |                          |              |
| – ilmakerroin                           |              |              | 1,16                     | 1,2          |
| palamisilma, kuiva m <sup>3</sup> n/s   |              |              |                          |              |
| , kostea m <sup>3</sup> n/s             |              |              | 127,1                    | 137,7        |
|   |              |              | 129,3                    | 140,1        |
| savukaasut, kuiva m <sup>3</sup> n/s    |              |              |                          |              |
| , kostea m <sup>3</sup> n/s             |              | 120,6        | 124,5                    |              |
|   |              |              | 149,0                    | 152,9        |

## LIITE 3. KEMIKAALIMODULIN LAITTEIDEN MITOITUS

## NaOH-laitteiden mitoitus:

|                |                |          |
|----------------|----------------|----------|
| - mitoitusarvo | väkevyys 100 % | 50,0 t/d |
| - tasearvo     | väkevyys 100 % | 38,8 t/d |

SO<sub>2</sub>-laitteiden mitoitus:

|                |                |         |
|----------------|----------------|---------|
| - mitoitusarvo | väkevyys 100 % | 7,0 t/d |
| - tasearvo     | väkevyys 100 % | 6,0 t/d |

## Happijärjestelmän mitoitus:

|                |                |                                    |
|----------------|----------------|------------------------------------|
| - mitoitusarvo | väkevyys 100 % | 45,0 t <sub>O<sub>2</sub></sub> /d |
| - tase         | väkevyys 100 % | 35,3 t <sub>O<sub>2</sub></sub> /d |

## Peroksidijärjestelmän mitoitus:

|                |                |  |
|----------------|----------------|--|
| - mitoitusarvo | väkevyys 100 % | 7,0 t <sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></sub> /d |
| - tasearvo     | väkevyys 100 % | 5,6 t <sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></sub> /d |

Jäteveden ja raakaveden kemiallisen käsittelyn kemikaalit sekä muut kemikaalit

## Aluna

|                |                 |          |
|----------------|-----------------|----------|
| - mitoitusarvo | kuiva-aine 88 % | 1,00 t/d |
| - tasearvo     | kuiva-aine 88 % | 0,57 t/d |

## Sammuttamaton kalkki

|                |                 |                          |
|----------------|-----------------|--------------------------|
| - mitoitusarvo | kuiva-aine 90 % | 1,50 t <sub>CaO</sub> /d |
| - tasearvo     | kuiva-aine 90 % | 1,35 t <sub>CaO</sub> /d |

## NaOH

|                |                |          |
|----------------|----------------|----------|
| - mitoitusarvo | väkevyys 100 % | 0,40 t/d |
| - tasearvo     | väkevyys 100 % | 0,28 t/d |

## Urea

|                |                 |          |
|----------------|-----------------|----------|
| - mitoitusarvo | kuiva-aine 88 % | 3,00 t/d |
| - tasearvo     | kuiva-aine 88 % | 2,60 t/d |

## Fosfori

|                |                |          |
|----------------|----------------|----------|
| - mitoitusarvo | väkevyys 100 % | 0,50 t/d |
| - tasearvo     | väkevyys 100 % | 0,30 t/d |

MgSO<sub>4</sub>

|                |                |          |
|----------------|----------------|----------|
| - mitoitusarvo | väkevyys 100 % | 6,00 t/d |
| - tasearvo     | väkevyys 100 % | 4,80 t/d |

## Hapetettu lipeä (NaOH)

|                |                |          |
|----------------|----------------|----------|
| - mitoitusarvo | väkevyys 100 % | 50,0 t/d |
| - tasearvo     | väkevyys 100 % | 43,1 t/d |

## LIITE 4. KATTILAVESIMODULIN MITOITUS

## Lisävesi

|   |                  |
|---|------------------|
| Normaali lauhdehävio                    | 12,4 kg/s        |
| Nuohoushöyry                            | 4,5 kg/s         |
| Ulospuhallus                            | <u>1,0 kg/s</u>  |
| Suolanpoistolaitos, <b>tasearvo</b>     | <b>17,9 kg/s</b> |
| Mikäli haihuttamon lauhde likaista      | <u>19,8 kg/s</u> |
| --> maks. tarve                         | 37,7 kg/s        |
| Suolanpoistolaitos, <b>mitoitusarvo</b> | <b>41,9 kg/s</b> |

## Lauhde

|   |                   |
|---|-------------------|
| Palautus prosessista                    | 103,1 kg/s        |
| Palautus lauhdeturpiinilta              | <u>36,9 kg/s</u>  |
| Suolanpoistolaitos, <b>tasearvo</b>     | <b>140,0 kg/s</b> |
| Suolanpoistolaitos, <b>mitoitusarvo</b> | <b>155,0 kg/s</b> |

## SELLUSAMPO

## NYKYINEN TEKNIikka

| MODULINIMI<br>selitykset | mitta-<br>yksikkö   | kapasiteetti                     |          | tekniikka   | OSASTO<br>selitykset  | mitta-<br>yksikkö   | kapasiteetti                     |          | tekniikka                                      |
|--------------------------|---|----------------------------------|----------|---|-----------------------|---|----------------------------------|----------|--|
|                          |   | tase                             | mitoitus |   |                       |   | tase                             | mitoitus |  |
| 1 PUUNKASITTELY          |   |                                  | 3/5      |   | PUUNKASITTELY         |   |                                  | 3/5      |  |
| Kuorinta                 | työaika   |                                  |          |   | Kuorinta              | työaika   |                                  |          |  |
| kuorellinen              | k-m <sup>3</sup> /d   | 13230                            | 13670    | 2 kuorimarumpua   | kuorellinen           | k-m <sup>3</sup> /d   | 13230                            | 13670    | 2 kuorimarumpua                                |
|                          | kg/k-m <sup>3</sup>   | 400                              | 400      |   |                       | kg/k-m <sup>3</sup>   | 400                              | 400      |  |
| kuoriosuus               | k-m <sup>3</sup> /d   | 1958                             | 2023     |   | kuoriosuus            | k-m <sup>3</sup> /d   | 1958                             | 2023     |  |
|                          | BDt/d   | 597                              | 617      |   |                       | BDt/d   | 597                              | 617      |  |
|                          | kg/k-m <sup>3</sup>   | 305                              | 305      |   |                       | kg/k-m <sup>3</sup>   | 305                              | 305      |  |
| Haketus                  | k-m <sup>3</sup> /d   | 11272                            | 11647    | 2 kiekkohakkua  | Haketus               | k-m <sup>3</sup> /d   | 11272                            | 11647    | 2 kiekkohakkua                                 |
| 2 HAKKEENKASITTELY       |   |                                  |          |   | HAKKEENKASITTELY      |   |                                  |          |  |
| Ostohakkeen vast.otto    | i-m <sup>3</sup> /d   |                                  | 24000    | auto ><br>juna ><br>hihna<br>ruuvipurku<br>seulonta<br>> keitto | Ostohakkeen vast.otto | i-m <sup>3</sup> /d   |                                  | 24000    | auto ><br>juna >                               |
| Seulonta                 | i-m <sup>3</sup> /d   | 21800                            |          |   | Seulonta              | i-m <sup>3</sup> /d   | 21800                            |          | ruuvipurku<br>seulonta<br>> keitto<br>> poltto |
| Varastointi              | varasto d<br>i-m <sup>3</sup><br>kg/i-m <sup>3</sup>                        | 225000<br>146                    | 10       |   | Varastointi           | varasto d<br>i-m <sup>3</sup><br>kg/i-m <sup>3</sup>                        | 225000<br>146                    | 10       | puru<br>karkea                                 |
| 3 KEITTO JA PESU         |   |                                  |          |   | KEITTO JA PESU        |   |                                  |          |  |
| Vuokeitto                | t/d 90%<br>saanto %<br>kappa<br>% Na <sub>2</sub> O:na<br>m <sup>3</sup> /d | 1660<br>46,5<br>24<br>18<br>5500 | 1830     | Kamyr<br>oksat keittoon<br>rejektit polttoon                    | Vuokeitto             | t/d 90%<br>saanto %<br>kappa<br>% Na <sub>2</sub> O:na<br>m <sup>3</sup> /d | 1660<br>46,5<br>24<br>18<br>5500 | 1830     | rejekti jauhettuna<br>keittoon                 |
| Pesu                     | t/d 90%<br>lipeän ka%   | 1660<br>16,0                     | 1830     |   | Pesu                  | t/d 90%<br>lipeän ka%   | 1660<br>16,0                     | 1830     |  |
| 4 LAJITTELU              |   |                                  |          |   | LAJITTELU             |   |                                  |          |  |
|                          | t/d 90%<br>häviö %  | 1627<br>2,0                      | 1810     | ei rejektin jauh.<br>oksat keittoon                             |                       | t/d 90%<br>häviö %  | 1623<br>2,2                      | 1810     | rejektin jauhatus<br>ja lajittelu              |

| SELLUSAMPO  |  |                             |                 |   | NYKYINEN TEKNIikka                                      |  |                             |                 |   |
|---|--|-----------------------------|-----------------|---|---|--|-----------------------------|-----------------|---|
| MODULINIMI  | mitta-<br>yksikkö                                      | kapasiteetti                |                 | tekniikka   | OSASTO  | mitta-<br>yksikkö                                      | kapasiteetti                |                 | tekniikka   |
| selitykset  |  | tase                        | mitoitus        |   | selitykset  |  | tase                        | mitoitus        |   |
| 5 HAPPIDELIGNIFIINTI                                    | t/d 90%<br>saanto%<br>loppukappa<br>t/d O <sub>2</sub> | 1586<br>97,5<br>12<br>35,3  | 1760            | 2 O <sub>2</sub> -reaktoria   | HAPPIDELIGNIFIINTI                                      | t/d 90%<br>saanto%<br>loppukappa<br>t/d O <sub>2</sub> | 1590<br>98,0<br>14<br>32    | 1760            | 1 O <sub>2</sub> -reaktori  |
| 6 VALKAISU  | t/d 90%<br>ISO<br>saanto %                             | 1500<br>max 90<br>95        | 1550            | D1, EOP, D2<br>diffusööri   | VALKAISU  | t/d 90%<br>ISO<br>saanto %                             | 1495<br>max 90<br>94        | 1550            | D/C,E/O,D,D<br>diffusööri   |
| 7 KUIVATUSKONE  | t/d 90 %   | 970                         | 1500            | tasoviira<br>3 nippiä<br>puhallinkuivatin<br>lämmöntal-<br>teenotto | KUIVATUSKONE  | t/d 90%  | 958                         | 1500            | tasoviira<br>3 nippiä<br>puhallinkuivatin<br>lämmöntal-<br>teenotto |
| Arkitus<br>Paalaus                                      | paali/h<br>kg/paali                                    | 162<br>250                  | 250             |   | Arkitus<br>Paalaus                                      | paali/h<br>kg/paali                                    | 160<br>250                  | 250             |   |
| 8 HAIHDUTUS   | t ka/d<br>laiha ka %<br>vahva ka %<br>haih t/h         | 2830<br>16,0<br>80,0<br>590 | 3000<br><br>625 | haihduttamo<br>lämpökäsittely<br>puskulämmön<br>talteenotto         | HAIHDUTUS   | t ka/d<br>laiha ka %<br>vahva ka %<br>haih t/h         | 2830<br>16,0<br>80,0<br>590 | 3000<br><br>625 | haihduttamo   |
| Strippaus<br>- haihdutuksesta<br>- keitosta<br>tärpätti | kg/s<br>kg/s<br>kg/s<br>kg/ADt                         | 17,3<br>14,8<br>2,5<br>5    |                 | integroitu kolonni  | Strippaus<br>- haihdutuksesta<br>- keitosta<br>tärpätti | kg/s<br>kg/s<br>kg/s<br>kg/ADt                         | 23,0<br>15,0<br>8,0<br>5    |                 | integroitu kolonni  |
| suovanerotus  | t/d  | 54                          |                 | säiliössä<br>+ tiivistys säiliössä                                  | suovanerotus  | t/d  | 54                          |                 | säiliössä<br>+ tiivistys säiliössä                                  |

| SELLUSAMPO                     |                                    |              |      |  | NYKYINEN TEKNIikka             |                                    |              |      |   |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------|------|--|--------------------------------|------------------------------------|--------------|------|---|
| MODULINIMI<br>selitykset       | mitta-<br>yksikkö                  | kapasiteetti |      | tekniikka  | OSASTO<br>selitykset           | mitta-<br>yksikkö                  | kapasiteetti |      | tekniikka   |
| tase                           | mitoitus                           |              |      |  | tase                           | mitoitus                           |              |      |   |
| 9 SOODAKATTILA                 | t ka/d                             | 2830         | 3000 | soodakattila<br>sähkösuodin<br>liuotus                           | SOODAKATTILA                   | t ka/d                             | 2830         | 3000 | soodakattila<br>sähkösuodin<br>liuotus                          |
|                                | höyry kg/s                         | 123,4        |      |  |                                | höyry kg/s                         | 123,4        |      |   |
|                                | höyry MJ/s                         | 413,3        |      |  |                                | höyry MJ/s                         | 413,3        |      |   |
| 10 KAUSTISOINTI                |                                    |              |      |  | KAUSTISOINTI                   |                                    |              |      |   |
| Kaustisointi                   | m <sup>3</sup> /d                  | 5500         | 6200 | viherlipeän käs.<br>sammutus<br>kaustisointi<br>valkolipeäsuodin | Kaustisointi                   | m <sup>3</sup> /d                  | 5500         | 6200 | viherlipeän käs.<br>sammutus<br>kaustisointi<br>valkolipeän er. |
| kokonaisalkali                 | g/l                                | 130          |      |  | kokonaisalkali                 | g/l                                | 130          |      |   |
| tehollinen alkali              | g/l                                | 90           |      |  | tehollinen alkali              | g/l                                | 90           |      |   |
| kaustisiteetti                 | %                                  | 85           |      |  | kaustisiteetti                 | %                                  | 85           |      |   |
| sulfiditeetti                  | %                                  | 30           |      |  | sulfiditeetti                  | %                                  | 30           |      |   |
| aktiivialkali                  | g/l <sub>wl</sub>                  | 105          |      |  | aktiivialkali                  | g/l <sub>wl</sub>                  | 105          |      |   |
| Meesauuni                      | t/d CaO                            | 460          | 500  | uuni<br>sykloni<br>sähkö   | Meesauuni                      | t/d                                | 460          | 500  | uuni<br>sykloni<br>sähkö  |
| 11 KEMIKAALIT                  |                                    |              |      |  | KEMIKAALIT                     |                                    |              |      |   |
| ClO <sub>2</sub> -laitos       | t/d ClO <sub>2</sub>               | 30           | 40   | R8   | ClO <sub>2</sub> -laitos       | t/d ClO <sub>2</sub>               | 23,9         | 30   | R8  |
|                                | g/l                                | 8            |      |  |                                | g/l                                | 8            |      |   |
|                                | t/d Cl <sub>2</sub>                | -            |      |  |                                | t/d Cl <sub>2</sub>                | 28,5         | 35   |   |
| Happi                          | t/d O <sub>2</sub>                 | 35,3         | 45   |  | Happi                          | t/d O <sub>2</sub>                 | 32           | 40   |   |
| Peroksidi                      | t/d H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>  | 5,6          | 7    |  | Peroksidi                      | t/d H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>  | 7,5          | 8    |   |
| SO <sub>2</sub> -neste         | t/d SO <sub>2</sub>                | 6            | 7    |  | SO <sub>2</sub> -neste         | t/d SO <sub>2</sub>                | 7,5          | 8    |   |
| NaOH                           | t/d NaOH                           | 38,8         | 50   |  | NaOH                           | t/d NaOH                           | 45           | 55   |   |
| NaClO <sub>3</sub>             | t/d NaClO <sub>3</sub>             | 49,2         | 55   |  | NaClO <sub>3</sub>             | t/d NaClO <sub>3</sub>             | 39,2         | 50   |   |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | t/d H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 30           | 35   |  | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | t/d H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 23,9         | 30   |   |
| Metanoli                       | t/d MeOH                           | 4,5          | 6    |  | Metanoli                       | t/d MeOH                           | 3,6          | 6    |   |
| MgSO <sub>4</sub>              | t/d MgSO <sub>4</sub>              | 4,8          | 6    |  | MgSO <sub>4</sub>              | t/d MgSO <sub>4</sub>              | 3,8          | 6    |   |
| Hapetettu lipeä                | t/d                                | 43,1         | 50   |  | Hapetettu lipeä                | t/d                                | 34           | 40   |   |

SELLUSAMPO

NYKYINEN TEKNIikka

| MODULINIMI<br>selitykset |                      | mitta-<br>yksikkö      | kapasiteetti<br>tase      mitoitus |        | tekniikka   | OSASTO<br>selitykset |                        | mitta-<br>yksikkö | kapasiteetti<br>tase      mitoitus |  | tekniikka  |
|--------------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|--------|---|----------------------|------------------------|-------------------|------------------------------------|--|--|
| 12                       | TUOREVESI            |                        |                                    |        |   | TUOREVESI            |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | Raakavesi            | m <sup>3</sup> /d      | 98770                              | 100000 | raakavesisuodin<br>staattinen mixer<br>hiekkasuotimet<br>lamelliselkeytin                                       | Raakavesi            |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | kuorimo              | m <sup>3</sup> /d      | 1500                               |        |   | kuorimo              | m <sup>3</sup> /d      | 4500              |                                    |  |  |
|                          |                      | m <sup>3</sup> /t 90%  | 1                                  |        |   |                      | m <sup>3</sup> /t 90%  | 3                 |                                    |  |  |
|                          | sellutehdas          | m <sup>3</sup> /d      | 82270                              |        |   | sellutehdas          | m <sup>3</sup> /d      | 115000            |                                    |  |  |
|                          |                      | m <sup>3</sup> /t 90%  | 54,8                               |        |   |                      | m <sup>3</sup> /t 90%  | 76,7              |                                    |  |  |
|                          | pap.tehdas           | m <sup>3</sup> /d      | 15000                              |        |   | pap.tehdas           | m <sup>3</sup> /d      | 15000             |                                    |  |  |
|                          | Prosessivesi         |                        |                                    |        |   | Prosessivesi         |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | sellutehdas          | m <sup>3</sup> /d      | 30300                              |        |   | sellutehdas          | m <sup>3</sup> /d      | 45000             |                                    |  |  |
|                          |                      | m <sup>3</sup> /t 90%  | 20,2                               |        |   |                      | m <sup>3</sup> /t 90%  | 30                |                                    |  |  |
|                          | pap.tehdas           | m <sup>3</sup> /d      | 9000                               |        |   | pap.tehdas           | m <sup>3</sup> /d      | 9000              |                                    |  |  |
|                          | Kem.puhd. vesi       | m <sup>3</sup> /d      | 19550                              | 24000  |   | Kem.puhd. vesi       | m <sup>3</sup> /d      | 21000             | 26000                              |  |  |
|                          | sellutehdas          | m <sup>3</sup> /d      | 13550                              |        |   | sellutehdas          | m <sup>3</sup> /d      | 15000             |                                    |  |  |
|                          |                      | m <sup>3</sup> /t 90%  | 9                                  |        |   |                      | m <sup>3</sup> /t 90%  | 10                |                                    |  |  |
|                          | pap.tehdas           | m <sup>3</sup> /d      | 6000                               |        |   | pap.tehdas           | m <sup>3</sup> /d      | 6000              |                                    |  |  |
| 13                       | KATTILAVESI          |                        |                                    |        |   | KATTILAVESI          |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | Ionivaihdettu vesi   |                        |                                    |        |   | Ionivaihdettu vesi   |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | lisävesi             | kg/s                   | 18                                 | 42     |   | lisävesi             | kg/s                   | 18                | 54                                 |  |  |
|                          | Lauhteiden käsittely |                        |                                    |        |   | Lauhteiden käsittely |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | lauhde               | kg/s                   | 140                                | 155    |   | lauhde               | kg/s                   | 137               | 150                                |  |  |
| 14                       | JÄTEVESI             |                        |                                    |        |   | JÄTEVESI             |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | Jätevesi             |                        |                                    | 65000  | saostin<br>lamelliselkeytin<br>syväilm.reaktori<br>flotaattorit<br>dispergointi<br>painesuotimet<br>UF-suodatus | Jätevesi             |                        |                   | 80000                              |  | 2 selkeytintä<br>2 ilmastusallasta<br>2 jälkiselkeytintä<br>1 suodin |
|                          | sellutehdas          | m <sup>3</sup> /d      | 43500                              |        |   | sellutehdas          | m <sup>3</sup> /d      | 65000             |                                    |  |  |
|                          |                      | m <sup>3</sup> /t 90 % | 29                                 |        |   |                      | m <sup>3</sup> /t 90 % | 43,3              |                                    |  |  |
|                          | pap.tehdas           | m <sup>3</sup> /d      | 12000                              |        |   | pap.tehdas           | m <sup>3</sup> /d      | 12000             |                                    |  |  |
| 15                       | HAJUKAASUT           |                        |                                    |        |   | HAJUKAASUT           |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | Keräily              |                        |                                    |        |   | Keräily              |                        |                   |                                    |  |  |
|                          | laimeat              | m <sup>3</sup> /s      | 8,85                               |        |   | laimeat              | m <sup>3</sup> /s      | 8,85              |                                    |  |  |
|                          | vahvat               | m <sup>3</sup> /s      | 0,73                               |        |   | vahvat               | m <sup>3</sup> /s      | 0,73              |                                    |  |  |
|                          | kanaalik.            | m <sup>3</sup> /s      | 8,00                               |        |   | kanaalik.            | m <sup>3</sup> /s      | 8,00              |                                    |  |  |
|                          | klooripit.           | m <sup>3</sup> /s      | 12,75                              |        |   | klooripit.           | m <sup>3</sup> /s      | 12,75             |                                    |  |  |



| SELLUSAMPO                      |                      |              |          | NYKYINEN TEKNIikka              |                      |              |          |
|---------------------------------|----------------------|--------------|----------|---------------------------------|----------------------|--------------|----------|
| MODULINIMI                      | mitta-               | kapasiteetti |          | OSASTO                          | mitta-               | kapasiteetti |          |
| selitykset                      | yksikkö              | tase         | mitoitus | selitykset                      | yksikkö              | tase         | mitoitus |
| 16 JÄTTEIDENPOLTTO              |                      |              |          | JÄTTEIDENPOLTTO                 |                      |              |          |
|                                 | t 90 %/d             | 35           | 50       |                                 |                      |              |          |
| Apukattilayksikkö               | t/d 100%             | 513          | 550      | Apukattilayksikkö               | t/d 100%             | 460          | 500      |
| - biolietteiden poltto          | t/d 100 %            | 31,2         |          | - biolietteiden poltto          | t/d 100 %            | 31,2         |          |
| - kuoren & kuorilietteen poltto | t/d 100 %            | 426          |          | - kuoren & kuorilietteen poltto | t/d 100 %            | 426          |          |
| - rejektin poltto               | t/d 100 %            | 1,8          |          | - rejektin poltto               | t/d 100 %            | 1,8          |          |
| - suovan poltto                 | t/d                  | 54           |          | - suovan poltto                 | t/d                  | 0            |          |
| - tärpätin poltto               | t/d                  | 7,5          |          | - tärpätin poltto               | t/d                  | 0            |          |
| - metanolin poltto              | t/d                  | 13,5         |          | - metanolin poltto              | t/d                  | 13,5         |          |
| - hajukaasujen poltto           | m <sup>3</sup> /s    | 9,58         |          | - hajukaasujen poltto           | m <sup>3</sup> /s    | 9,58         |          |
| lämmöntuotanto                  | höyry kg/s           | 30,5         |          | lämmöntuotanto                  | höyry kg/s           | 27,0         |          |
| 17 TURPIINIT JA HOYRYN-JAKELU   |                      |              |          | TURPIINIT JA HOYRYN-JAKELU      |                      |              |          |
| Turpiinit                       |                      |              |          | Turpiinit                       |                      |              |          |
| -Välilotto-vastapaineturp.      |                      |              |          | -Välilotto-vastapaineturp.      |                      |              |          |
| - vo 11 bar                     | kg/s                 | 33,2         |          | - vo 11 bar                     | kg/s                 | 33,2         |          |
| - vp 3 bar                      | kg/s                 | 86,0         |          | - vp 3 bar                      | kg/s                 | 95,8         |          |
| sähkö                           | MW                   | 60,1         |          | sähkö                           | MW                   | 65,5         |          |
| -Lauhdeturpiini                 |                      |              |          | -Lauhdeturpiini                 |                      |              |          |
| höyry                           | kg/s                 | 32,6         |          | höyry                           | kg/s                 | 19,3         |          |
| sähkö                           | MW                   | 35,0         |          | sähkö                           | MW                   | 20,7         |          |
| Reduktiot                       |                      |              |          | Reduktiot                       |                      |              |          |
| Höyrynjakelu                    |                      |              |          | Höyrynjakelu                    |                      |              |          |
| 18 PAINEILMA                    |                      |              |          | PAINEILMA                       |                      |              |          |
| Tehdasilma                      | Nm <sup>3</sup> /min | 30           | 60       | Tehdasilma                      | Nm <sup>3</sup> /min | 30           | 60       |
|                                 | MPa                  | 0,7          |          |                                 | MPa                  | 0,7          |          |
| Instrumentti-ilma               | Nm <sup>3</sup> /min | 50           | 80       | Instrumentti-ilma               | Nm <sup>3</sup> /min | 50           | 80       |
|                                 | MPa                  | 0,7          |          |                                 | MPa                  | 0,7          |          |

| SELLUSAMPO |                                |                      |                                    |               | NYKYINEN TEKNIikka             |                      |                                    |           |
|------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------|
|            | MODULINIMI<br>selitykset       | mitta-<br>yksikkö    | kapasiteetti<br>tase      mitoitus | tekniikka     | OSASTO<br>selitykset           | mitta-<br>yksikkö    | kapasiteetti<br>tase      mitoitus | tekniikka |
| 19         | RAKENNUS                       |                      |                                    | Ympyrä layout | RAKENNUS                       |                      |                                    | H layout  |
| 20         | PAPERITEHDAS                   |                      |                                    |               | PAPERITEHDAS                   |                      |                                    |           |
|            | pohjapaperi<br>päälystetty pap | t/d 95 %<br>t/d 95 % | 850<br>1100                        | WFC           | pohjapaperi<br>päälystetty pap | t/d 95 %<br>t/d 95 % | 850<br>1100                        | WFC       |

## LIITE 6. SÄHKÖN- JA LÄMMÖNKULUTUKSIEN VERTAILU

## KEITTO- JA DIFFUSÖÖRIPESUMODULI

Nykytekniikkaan verrattuna modulista on poistettu moottori:  
 MC-pumppu -(505,5) kW

Sähkön säästö 5 kWh/ADt

## LAJITTELUMODULI

Sellusammossa on poistettu seuraavat moottorit:

|               |          |
|---------------|----------|
| Ruuvipuristin | -(56) kW |
| Frotapulper   | - 600 kW |
| Painelaj.     | - 75 kW  |
| Pp-laitos     | -100 kW  |

Sähkön säästö 11 kWh/ADt

## HAPPIDELIGNIFIOINTIMODULI

Sellusammossa on poistettu seuraavat moottorit:

|   |             |
|---|-------------|
| Syöttösäiliön pohjakaavari                        | -(133,5) kW |
| Lajittelu -> O <sub>2</sub> -vaiheen syöttösäiliö | -(505,5) kW |

Sellusampoon on lisätty seuraavat moottorit:

|             |        |
|-------------|--------|
| MC-sekoitin | +75 kW |
|-------------|--------|

Sähkön säästö 6 kWh/ADt

## VALKAISUMODULI

Sellusammossa on poistettu seuraavat moottorit:

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| MC-pumppu                 | -(635,5) kW |
| Diffusööripaketin kaavari | - 200 kW    |
| Hydrauliikka              | - 37 kW     |
| Kemikaalisekoitin         | - 75 kW     |

Sähkön säästö 12 kWh/ADt

## HAIHDUTUSMODULI

Nykytekniikka

Haihduksen höyrynkulutukset

|                     |           |           |
|---------------------|-----------|-----------|
| Vastapaine          | 28,0 kg/s | 66,0 MJ/s |
| Väliotto            | 2,0 kg/s  | 4,8 MJ/s  |
| 22 bar <sub>a</sub> | 0,5 kg/s  | 1,2 MJ/s  |
|                     |           | 72,0 MJ/s |

### Sellusampo

Sellusammossa käytetään haihdutukseen mustalipeän paisuntahöyryjä seuraavasti:

|                      |          |          |
|----------------------|----------|----------|
| II-vaiheen paisunta  | 119,5 °C | 8,6 kg/s |
| III-vaiheen paisunta | 105 °C   | 4,5 kg/s |
| IV-vaiheen paisunta  | 94 °C    | 3,3 kg/s |

Näiden paisuntahöyryjen avulla saadaan haihdutuksen vastapainehöyryn kulutus pienemään -> haihduttamon höyrynkulutukset:

|                       |           |                 |
|-----------------------|-----------|-----------------|
| - vastapaine          | 17,3 kg/s | 40,8 MJ/s       |
| - väliotto            | 2,0 kg/s  | 4,8 MJ/s        |
| - 22 bar <sub>a</sub> | 0,5 kg/s  | <u>1,2 MJ/s</u> |
|                       |           | 46,8 MJ/s       |

### JÄLKILAJITTELU

Sellusammossa on poistettu prosessista jälkilajittelu. Sähkön säästö 25 kWh/ADt.

### JÄTEVESIMODULI

#### Nykytekniikka

Sähkön ominaiskulutus 40 kWh/ADt on todellisen sellutehtaan tunnusluku.

#### Sellusampo

$$P_{\text{inst}} = 2900 \text{ kW} \rightarrow P = 2210 \text{ kW} \rightarrow 35 \text{ kWh/ADt}$$

### SEKALAINEN

Sekalainen sähkönkulutus koostuu pääosin ilmastoinnin ja valaistuksen sähkötehon tarpeesta. Sellusammon ilmastoinnissa käsitellään nykytekniikan tehdasta suurempia ilmamääriä, jolloin ilmastoinnin sähkötehon tarve on vastaavasti suurempi. Sellusammossa valaisimet joudutaan sijoittamaan korkeammalle kuin nykytehtaassa, jolloin valaistuksen tehontarve on suurempi. Yhteensä sekalaisen sähkönkulutuksen on arvioitu Sellusammossa olevan noin 1600 kW suurempi kuin nykytehtaassa.

## LIITE 7. OSASTOJEN VÄLISET PUMPPAUKSET

## OSASTOJEN VÄLISET PUMPPAUKSET

TUOTANTO 1500 ADt/d  
kuivattu massa 970 ADt/d

| PUMPPAUS-<br>SUUNTA       | Pumpattava<br>aine | NYKYTEKNIikka<br>energian<br>tarve<br>kWh/ADt | SELLUSAMPO<br>VÄLJÄ MITOITUS<br>energian<br>tarve<br>kWh/ADt | SELLUSAMPO<br>TARKKA MITOITUS<br>energian<br>tarve<br>kWh/ADt |
|---------------------------|--------------------|---|--|---|
| OSASTOLTA<br>-> osastolle |                    |   |  |   |

|                |            |      |      |      |
|----------------|------------|------|------|------|
| KEITTO, PESU   |            |      |      |      |
| -> lajittelu   | massa      | 4,03 | 3,49 | 3,49 |
| -> haihdutus   | mustalipeä | 3,20 | 2,78 | 1,91 |
| -> kattilavesi | lauhde     | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| -> valkaisu    | kuuma vesi | 0,24 | 0,24 | 0,21 |
| -> jätev. käs. | jätevesi   | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
|                |            | 7,60 | 6,64 | 5,73 |

|                            |           |      |      |      |
|----------------------------|-----------|------|------|------|
| LAJITTELU                  |           |      |      |      |
| -> O <sub>2</sub> -delign. | massa     | 3,99 | 3,99 | 3,99 |
| -> keittopesu              | pesusuod. | 2,56 | 2,18 | 2,18 |
| -> keittopesu              | hakuvesi  | 3,20 | 1,71 | 1,22 |
| -> jätev. käs.             | jätevesi  | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
|                            |           | 9,78 | 7,90 | 7,40 |

|                               |            |      |      |      |
|-------------------------------|------------|------|------|------|
| O <sub>2</sub> -DELIGNIFIINTI |            |      |      |      |
| -> valkaisu                   | massa      | 3,37 | 3,37 | 3,37 |
| -> lajittelu                  | pesusuodos | 3,30 | 3,29 | 2,05 |
|                               |            | 6,67 | 6,66 | 5,42 |

|                     |               |       |      |      |
|---------------------|---------------|-------|------|------|
| VALKAISU            |               |       |      |      |
| -> jälkilaj., kuiv. | massa         | 1,50  | 1,73 | 1,73 |
| -> jätev. käs.      | jätev., hapen | 6,59  | 1,30 | 0,93 |
| -> jätev. käs.      | jätev., alk.  | 2,05  | 0,70 | 0,50 |
|                     |               | 10,14 | 3,73 | 3,16 |

|                |       |      |      |      |
|----------------|-------|------|------|------|
| JÄLKILAJITTELU |       |      |      |      |
| -> kuivatus    | massa | 3,00 | 0,00 | 0,00 |
|                |       | 3,00 | 0,00 | 0,00 |

|                     |            |      |      |      |
|---------------------|------------|------|------|------|
| KUIVATUS            |            |      |      |      |
| -> kattilavesi      | lauhde     | 0,38 | 0,08 | 0,06 |
| -> jälkilaj., valk. | kiertovesi | 2,02 | 1,78 | 1,54 |
| -> jätev. käs.      | jätevesi   | 0,26 | 0,15 | 0,11 |
|                     |            | 2,66 | 2,01 | 1,71 |

# OSASTOJEN VÄLISET PUMPPAUKSET

TUOTANTO 1500 ADt/d  
kuivattu massa 970 ADt/d

| PUMPPAUS-<br>SUUNTA       | Pumpattava<br>aine | NYKYTEKNIikka<br>energian<br>tarve<br>kWh/ADt | SELLUSAMPO<br>VÄLJÄ MITOITUS<br>energian<br>tarve<br>kWh/ADt | SELLUSAMPO<br>TARKKA MITOITUS<br>energian<br>tarve<br>kWh/ADt |
|---------------------------|--------------------|---|--|---|
| OSASTOLTA<br>-> osastolle |                    |   |  |   |

## HAIHDUTUS

|                            |             |      |      |      |
|----------------------------|-------------|------|------|------|
| -> soodak.                 | mustalipeä  | 0,70 | 0,41 | 0,29 |
| -> kattilavesi             | lauhde      | 0,14 | 0,14 | 0,07 |
| ->                         | kuuma vesi  | 1,19 | 1,39 | 1,07 |
| -> O <sub>2</sub> -delign. | sek. lauhde | 1,15 | 1,48 | 1,06 |
| -> kaustisointi            | sek. lauhde | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| ->                         | lämmin vesi | 5,02 | 6,52 | 5,02 |
|                            |             | 8,24 | 9,97 | 7,54 |

## KAUSTISOINTI

|            |               |      |      |      |
|------------|---------------|------|------|------|
| -> soodak. | valkol. laiha | 0,47 | 0,38 | 0,27 |
| -> keitto  | valkolipeä    | 0,58 | 0,34 | 0,30 |
| -> jätev.  | jätevesi      | 0,22 | 0,15 | 0,11 |
|            |               | 1,27 | 0,87 | 0,68 |

## SOODAKATTILA

|                 |            |      |      |      |
|-----------------|------------|------|------|------|
| -> kaustisointi | viherlipeä | 0,67 | 0,56 | 0,40 |
|                 |            | 0,67 | 0,56 | 0,40 |

## VALKAISUKEMIKAALIEN VALMISTUS

|                 |             |      |      |      |
|-----------------|-------------|------|------|------|
| -> kattilavesi  | lauhde      | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| -> kaustisointi | lämmin vesi | 0,33 | 0,33 | 0,30 |
| -> jätev. käs.  | jätevesi    | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
|                 |             | 0,39 | 0,37 | 0,33 |

## TUOREVESI

|                 |             |       |      |      |
|-----------------|-------------|-------|------|------|
| RUNKO           | kem. vesi   | 0,35  |      |      |
| -> valk.kem.    | kem. vesi   |       | 0,48 | 0,34 |
| -> kuivatus     | kem. vesi   |       | 0,83 | 0,59 |
| RUNKO           | jäähd. vesi | 7,77  | 0,89 | 0,89 |
| -> jätev. käs.  | jäähd. vesi |       | 0,63 | 0,63 |
| -> valk.kem.    | jäähd. vesi |       |      |      |
| -> haihdutus    | jäähd. vesi | 4,52  | 5,17 | 4,11 |
| -> kaustisointi | jäähd. vesi |       |      |      |
| -> keitto       | jäähd. vesi |       |      |      |
| -> kuorimo      | jäähd. vesi |       | 0,14 | 0,14 |
|                 |             | 12,64 | 8,00 | 6,56 |

## KATTILAVESI

|             |          |      |      |      |
|-------------|----------|------|------|------|
| -> kattilat | lauhde   | 1,05 | 2,20 | 1,57 |
| -> kattilat | lisävesi | 0,10 | 0,20 | 0,14 |
|             |          | 1,15 | 2,40 | 1,71 |

## KUORIMO

|                |          |      |      |      |
|----------------|----------|------|------|------|
| -> jätev. käs. | jätevesi | 2,37 | 1,76 | 1,42 |
|                |          | 2,37 | 1,76 | 1,42 |

## JÄTEV.KÄS.

|            |          |      |      |      |
|------------|----------|------|------|------|
| -> kuorimo | kirkaste |      | 1,60 | 1,14 |
|            |          | 0,00 | 1,60 | 1,14 |

## OSASTOJEN VÄLISET PUMPPAUKSET

|          |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|
| YHTEENSÄ | 66,58 | 51,01 | 42,20 |
|----------|-------|-------|-------|

## LIITE 8. KÄYTETYT LYHENTEET JA MERKINNÄT

|                  |  |
|------------------|--|
| ADt              | air dry tonni = 90 % kuivaa massaa tonni   |
| AOX              | orgaanisten klooriyhdisteiden kokonaispäästö   |
| bar(a)           | paineen yksikkö, absoluuttinen paine, sisältää ilman paineen   |
| BDt              | 100 % (abs.) kuivaa massaa tonni   |
| BOD              | biologinen hapenkulutus  |
| COD              | kemiallinen hapenkulutus   |
| DDC              | direct digital control = suora digitaalisäätöjärjestelmä, koostuu keskusyksiköstä ja hajautetuista alakeskuksista                      |
| em.              | edellä mainittu  |
| esim.            | esimerkiksi  |
| h                | entalpia [kJ/kg]   |
| hypo             | hypokloriitti, valkaisuun käytettävä kemikaali. Kyseessä on natriumhypokloriitti NaClO tai kalsiumhypokloriitti Ca(ClO) <sub>2</sub> . |
| jne.             | ja niin edelleen   |
| k.i.             | kuiva ilma   |
| kk               | kuukausi   |
| k-m <sup>3</sup> | kiintokuutiometri  |
| kp               | kuoripäällinen puu   |
| kpu              | kuorittu puu   |
| LTO              | lämmöntalteenotto  |
| MC-pumppaus      | sakeamassapumppaus   |
| milj.            | miljoona   |
| p                | paine [bar]  |
| 50 PP            | paloposti, jonka venttiilikoko on 50 mm  |
| 25 x 25 PPP      | pikapaloposti, jonka suutinhalkaisija on 25 mm ja letkun pituus 25 m   |
| RH               | relative humidity = suhteellinen kosteus, vesihöyryn osapaineen suhde osapaineen maksimiarvoon samassa lämpötilassa                    |
| RK-tilat         | ristikytchentätilat  |
| t                | lämpötila [°C]   |
| t 90 %           | tonnia, kuiva-ainepitoisuus 90 %   |
| t <sub>CaO</sub> | tonnia kalkkia (CaO:ta)  |
| t <sub>H2O</sub> | tonnia vettä   |
| til-%            | tilavuusprosentti  |
| t <sub>ka</sub>  | tonnia kuiva-ainetta   |
| tm               | tonnia massaa  |
| ts               | sellutonni   |
| vl               | viherlipeä   |
| vrk              | vuorokausi   |
| vton             | valkaisematon  |
| vtu              | valkaistu  |
| väk.             | väkevyys   |
| wl               | valkolipeä   |

LIITE 9. CTS ENGINEERING OY:N SELLUSAMPO-PROJEKTIN SUUNNITTELUALAVAS-  
TAAVAT

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Projektipäällikkö        | Vesa Junttila                                      |
| Prosessisuunnittelu      | Pertti Heitto, Erkki Palander, Heikki Kostamovaara |
| Tehdassuunnittelu        | Pertti Rouvari                                     |
| Rakennesuunnittelu       | Juha Kemppi  |
| Automaatiosuunnittelu    | Jorma Lupunen                                      |
| Sähkösuunnittelu         | Markku Matikainen                                  |
| LVI-suunnittelu          | Markku Siitari                                     |
| Palontorjuntasuunnittelu | Matias Vattulainen                                 |
| Energiasuunnittelu       | Raija Askola                                       |



## VESI- JA YMPÄRISTÖHALLINNON JULKAISUJA - sarja A

41. Siuntionjokineuvottelukunta: Siuntionjoen vesistön käytön ja suojelun yleissuunnitelma. Helsinki 1989.
42. Vilhunen, Oili: Hankoa ympäröivän merialueen tila vuosina 1976 - 1986. Helsinki 1989.
43. Vantaanjoen vesistön vesiensuojelun toimenpideohjelma. Helsinki 1990.
44. Jeltsch, Ulrich: Saastuneiden maa-alueiden kunnostus. Helsinki 1990.
45. Ahtiainen, Marketta: Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Helsinki 1990.
46. Heikkilä, Raimo: Vaasan läänin uhanalaiset suokasvit. Helsinki 1990.
47. Korkka-Niemi, Kirsti: Tutkimus kaivovesien happamoitumisesta Suomessa. Helsinki 1990.
48. Kauppi, Lea; Sandman, Olavi; Knuuttila, Seppo; Eskonen, Kristiina; Liehu, Anita; Luokkanen, Sinikka & Niemi, Maarit: Maankäytön merkitys vesien käytölle haitallisten sinileväkukintojen esiintymisessä. Helsinki 1990.
49. Heikkinen, Kaisa & Visuri, Anna: Orgaanisten aineiden merkityksestä ja pidättymisestä virtaavan veden ekosysteemissä.  
Heikkinen, Kaisa & Visuri, Anna: Turvetuotannon typpikuormituksen vaikutuksista virtaavissa vesissä. Helsinki 1990.
50. Pitkänen, Heikki; Kangas, Pentti; Sarkkula, Juha; Lepistö, Liisa; Hällfors, Guy & Kauppila, Pirkko: Veden laatu ja rehevyys Itäisellä Suomenlahdella. Raportti vuosien 1987 - 88 tutkimuksista. Helsinki 1990.
51. Hirvi, Juha-Pekka (toim.): Suomenlahden öljyvahinko 1987. Helsinki 1990.
52. Levinen, Riitta: Puhdistamolietteen viljelykäytön edellytykset. Helsinki 1990.
53. Niemi, Reino A: Makrofytyt vesien tilan seurannassa. Helsinki 1990.
54. Lammassaari, Veikko: Uitto ja sen vesistövaikutukset. Helsinki 1990.
55. Kainuun vesi- ja ympäristöpiirin toiminnan suuntaviivat 1990-luvun alkupuoliskolla. Helsinki 1990.
56. Perälä, Jaakko & Reuna, Marja: Lumen vesiarvojen alueellinen vaihtelu Suomessa. Helsinki 1990.
57. Haja-asutuksen vedenhankinnan kehittäminen. Helsinki 1990.
58. Puustinen, Jukka: Typen merkitys rannikkovesien rehevöitymisessä. Helsinki 1990.
59. Oulun vesi- ja ympäristöpiiri: Pohjois-Pohjanmaan vedet ja ympäristö 1990-luvulla. Helsinki 1990.
60. Saviranta, Leena & Katko, Tapio (toim.): Kansainvälinen vesihuollon vuosikymmen 1981 - 1990 Suomessa. Helsinki 1990.
61. Katko, Tapio (ed.): The international drinking water and sanitation decade 1981 - 1990 in Finland. Helsinki 1990.
62. YV-projekti: Kokemuksia osallistumisesta ja vaikutusten arvioinnista vesiensuojelun suunnittelussa. Helsinki 1990.
63. Antikainen, Sari; Smolander, Ulla & Järvinen, Olli: Näytteenottomenetelmän luotettavuus luonnonvesien raskasmetalliseurannassa. Helsinki 1990.
64. Saarela, Jouko: Kaivosjätteiden geoteknisistä ominaisuuksista ja ympäristövaikutuksista. Helsinki 1990.
65. Turun vesi- ja ympäristöpiiri: Vesien käyttö ja hoito 1990-luvulla Varsinais-Suomi ja Etelä-Satakunta. Helsinki 1990.
66. Mukherjee, Arun B: The use of chlorinated paraffins and their possible effects in the environment. Helsinki 1990.
67. Assmuth, Timo: Kaatopaikkojen ongelmajätteiden ympäristövaikutukset. Riskikaatopaikkatutkimuksen pääraportti. Helsinki 1990.
68. Porvoonjoen kuormitusselvitystyöryhmä; Lehtonen, Eija & Penttilä, Sirpa (toim.): Porvoonjoen kuormitusselvitys. Helsinki 1991.
69. Mikkelin vesi- ja ympäristöpiiri: Mikkelin läänin vesien hoito 1990-luvulla. Helsinki 1991.
70. Louekari, Kimmo; Saarikoski, Heli & Joki-Kokko, Eeva: Kadmium ympäristössä. Helsinki 1991.
71. Kokkolan vesi- ja ympäristöpiiri: Keski-Pohjanmaan vedet ja ympäristö. Helsinki 1991.
72. Freindling, Alexander & Heitto, Lauri: Primary production of inland waters. Helsinki 1991.
73. Pennanen, Jussi: Toutain Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen järjestelyn vaikutusalueella. Helsinki 1991.

74. Hildén, Mikael; Hakaste, Tapio; Korhonen, Pekka & Rahikainen, Eljas: Kokemäenjoen keskiosan ja Loimijoen kalatalouden intressianalyysi. Helsinki 1991.
75. Ihme, Raimo; Heikkinen, Kaisa & Lakso, Esko: Pintavalutus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa. Helsinki 1991.
76. Pasanen, Jaana: Öljyisen maan ja jätteen mikrobiologinen puhdistus. Helsinki 1991.
77. Ihme, Raimo; Isotalo, Lauri; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Turvesuodatus turvetuotantoalueiden valumavesien puhdistuksessa.  
Ihme, Raimo; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Laskeutusaltaiden toimivuuden parantaminen turvetuotantoalueiden valumavesien käsittelyssä.  
Ihme, Raimo; Heikkinen Kaisa & Lakso, Esko: Turvetuotantoalueiden kuormituksen pidättäminen sarkaojiin. Helsinki 1991.
78. Rantala, Aulis (toim.): Vesistöjen kalkitus happamien sulfaattimaiden vaikutusalueella. Helsinki 1991.
79. Kiiminkijoen vesiensuojelusuunnittelun työryhmä; Hynninen, Pekka (toim.): Kiiminkijoen vesiensuojelusuunnitelma. Helsinki 1991.
80. Keski-Suomen vesi- ja ympäristöpiiri: Keski-Suomen kehittyvät vesivarat. Helsinki 1991.
81. Haapala, Kirsti & Eurén, Maija: Luonnonvesien ja jätevesien kiintoainemäärityksen ongelmista. Helsinki 1991.
82. Laine, Anne & Heikkinen, Kaisa: Turvetuotannon kalastovaikutukset. Helsinki 1991.
83. Vesihuoltolaitokset 31.12.1988 ja 31.12.1989. Helsinki 1992.
84. Sandman, Olavi; Turkia, Jaana & Huttunen, Pertti: Paleolimnologinen tutkimus metsäojituksen ja -lannoituksen vesistövaikutuksista Juupajoen Kalliojärvässä. Helsinki 1992.
85. Helsingin vesi- ja ympäristöpiiri: Uudenmaan ja Etelä-Hämeen vedet. Helsinki 1991.
86. Roila, Tuija: Pienvesien happamoitumisen seuranta vuosina 1979 - 1989.  
Roos, Jaana: Puskurikapasiteetin muutokset eräissä pienjärvissä vuosien 1937 - 48 ja 1988 välillä. Helsinki 1992.
87. Ollikainen, Minna: Karjalan Pyhäjärven tila 1980-luvulla sedimentin piilevien ilmentämänä. Helsinki 1992.
88. Lepistö, Liisa: Planktonlevien aiheuttamat haitat. Helsinki 1992.
89. Rantakangas, Jorma: Perkauksen aiheuttaman kiintoainevirtaaman ennakointi. Helsinki 1992.
90. Kaijalainen, Erkki (toim.): Sonkajärven reitin vesien käytön yleissuunnitelma. Helsinki 1992.
91. Salo, Simo: The fate of chemicals spilled on water. A literature review of physical and chemical processes. Helsinki 1992.
92. Mäkirinta, Urho & Tolonen, Pasi: Vaalan Järvikylän järvien kasvillisuus järvien tilan kuvaajana. Helsinki 1992.
93. Mäkirinta, Urho: Muutoksia Alavetelin Isojärven kasvillisuudessa 1973 - 1981. Helsinki 1992.
94. Nakari, Tarja: Porvoon edustan merialueen meriveden vaikutuksista sumputettujen ja luonnonkalojen elintoimintoihin. Helsinki 1992.
95. Torpström, Heikki & Lappalainen, Matti: Järvien biomanipulaation perusteita ja käytännön mahdollisuuksia. Helsinki 1992.
96. Salonen, Seija; Frisk, Tom; Kärmeniemi, Tellervo; Niemi, Jorma; Pitkänen, Heikki; Silvo, Kimmo & Vuoristo, Heidi: Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Helsinki 1992.
97. Assmuth, Timo; Strandberg, Tapio; Joutti, Anneli & Kalevi, Kirsti: Kemiallisesti saastuneiden maa-alueiden tutkimusmenetelmät. Helsinki 1992.
98. Kivimäki, Anna-Liisa: Tekopohjavesilaitokset Suomessa. Helsinki 1992.
99. Tanninen, Risto: Arvot ja asenteet Pyhäjoen vesiensuojelusuunnittelussa. Helsinki 1992.
100. Kuopion vesi- ja ympäristöpiiri: Rautalammin reitin vene- ja retkisatamasuunnitelma. Helsinki 1992.
101. Eloheimo, Karri: Veneily ja sen ympäristövaikutukset. Helsinki 1992.
102. Sytyke 16. Sannholm, Gun & Söderström, Mirja: Entsyymikäsittelyn merkitys sulfaattimassan valkaisussa. Helsinki 1992.
103. Sytyke 9. Raitio, Laura: Siistausprosessin ympäristökuormitus. Helsinki 1992.
104. Sytyke 17. Jantunen, Esko: Jätevesipäästötön paperitehdas. Helsinki 1992.
105. Sytyke 10. Lehtinen, K.-J. & Tana: Effects in mesocosms exposed to effluents from bleached hardwood kraft pulp mill. Helsinki 1992.





ISBN 951-47-6366-1  
ISSN 0786-9592